



Auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität: Szenarien für Südtirol

**Ergänzende wissenschaftliche Analysen
zum Klimaplan – Update 2022**

W. Sparber, G. Niedrist, M. Alberton, M. Zebisch

**Auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität:
Szenarien für Südtirol**

Ergänzende wissenschaftliche
Analysen zum Klimaplan – Update 2022

Die Studie ist im Rahmen des sich im Aufbau befindlichen
Centers for Climate Change and Transformation entstanden.

Leitautoren

Wolfram Sparber (Institut für Erneuerbare Energien)

Georg Niedrist (Institut für Alpine Umwelt)

Mariachiara Alberton (Institut für Föderalismus)

Marc Zebisch (Institut für Erdbeobachtung)

Inhalt

Zusammenfassung	6
1. Einleitung	20
1.1. Absicht der Studie	21
1.1.1 Was diese Studie abdeckt	21
1.1.2 Was diese Studie nicht abdeckt	21
1.2. Die Klimakrise – dringender Handlungsbedarf	24
2. Klima und Energie – Internationale Rahmenbedingungen und EU-Rahmen	26
2.1. Internationale Rahmenbedingungen	27
2.2. EU-Rahmen	28
3. Rechtliche und politische Rahmenbedingungen des italienischen Staates, der Regionen und der Autonomen Provinzen: Ein Überblick nach Zuständigkeitsbereichen	31
3.1. Nationale Energie- und Klimarahmenbedingungen	32
3.2. Aufteilung der Kompetenzen zwischen Staat, Regionen und Autonomen Provinzen: Anmerkungen	34
3.3. Besonderheiten der Kompetenzen der Autonomen Provinz Bozen: Handlungsspielraum für die Energiewende	35

Eurac Research
 Drususallee 1
 39100 Bozen
 T +39 0471 055 400
 climate.change@eurac.edu
 www.eurac.edu

DOI: 10.57749/jy00-p949

Herausgeber: W. Sparber, G. Niedrist, M. Zebisch
Grafik: Eurac Research
Foto Cover: AdobeStock/serkat Photography

© Eurac Research, 2022



Diese Publikation wird unter einer Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) verbreitet, die die Wiederverwendung, gemeinsame Nutzung, Änderung, Verbreitung und Reproduktion in jedem Medium oder Format erlaubt, vorausgesetzt, dass die Urheberschaft ordnungsgemäß anerkannt wird, ein Link zur Creative Commons-Lizenz angegeben wird und ein Hinweis darauf gegeben wird, ob Änderungen vorgenommen wurden.

4. Zentrale Begriffe, Ziele und Konzepte für Klimastrategien und -pläne	38
4.1. Klimaneutralität	39
4.2. Kompensation	40
4.3. Empfehlungen für eine Klimastrategie der Autonomen Provinz Bozen	42
5. Derzeitige Emissionen und mögliche Minderungsmaßnahmen	45
5.1. Aktuelle CO ₂ -Emissionen aus fossilen Energieträgern	46
5.2. Szenario ACTUAL	57
5.2.1. Szenario ACTUAL – Transportsektor	57
5.2.2. Szenario ACTUAL – Industriesektor	67
5.2.3. Szenario ACTUAL – Heizungssektor	68
5.2.4. Szenario ACTUAL – Gesamtergebnisse	72
5.3. Szenario IPCC	74
5.3.1. Szenario IPCC – Verkehr	74
5.3.2. Szenario IPCC – Industrie	82
5.3.3. Szenario IPCC – Heizung	83
5.3.4. Szenario IPCC – Gesamtergebnisse	89
5.4. Anstieg des Stromverbrauchs	95
6. Emissionen der Südtiroler Landwirtschaft und Szenarien zur Erreichung der Klimaneutralität	99
6.1. Einleitung	100
6.2. Treibhausgasemissionen der Südtiroler Landwirtschaft: Direkte, territoriale Emissionen	101
6.3. Treibhausgasemissionen für Viehwirtschaft, Obst- und Weinwirtschaft	105
6.4. Emissionen aus Landnutzung	107

6.5. Bestehende Klimastrategien und Reduktionsmaßnahmen in Südtirol und ausgewählten Staaten	109
6.6. Reduktionsmöglichkeiten und Szenarien für eine klimaneutrale Südtiroler Landwirtschaft	114
6.6.1. Reduktionsmöglichkeiten von Treibhausgasen in der Landwirtschaft (direkte Emissionen)	116

Anhang 1: Einblicke in den Energiesektor 122

A1.1. Perspektiven für Photovoltaik in Südtirol	123
A1.2. Energiegemeinschaften	130
A1.3. Möglichkeit der Sanierung historischer Gebäude	135
A1.4. Creazione di un database energetico provinciale unico	143
A1.5. Schaffung einer einheitlichen Energiedatenbank für die Provinz	151
A1.5.1. Wärmeenergieverbrauch in Wohngebäuden	151
A1.5.2. Wärmeenergieverbrauch in Nicht-Wohngebäuden	157
A1.5.3. Wärmeenergieverbrauch aller Gebäude: Baseline 2020	160

Anhang 2: Klimaneutrales Südtirol 2045. Fragmente einer nachhaltigen Zukunftsvision169

A2.1. Klimaneutralität als Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitstransformation	170
A2.2. Zukunftsszenario für ein klimaneutrales Südtirol: Die Region als Leuchtturm-Projekt	171
A2.2.1. Die Welt	171
A2.2.2. Gesellschaft	172
A2.2.3. Wirtschaft	173
A2.2.4. Politik	174
A2.2.5. Bauen und Wohnen	175
A2.2.6. Mobilität	176

Zusammenfassung

1. EINLEITUNG

Die Weltgemeinschaft hat mit dem Pariser Klimavertrag von 2015 beschlossen, alle Maßnahmen zu treffen um die Klimaerwärmung auf deutlich unter 2°C, wenn möglich unter 1.5°C zu begrenzen. Aktuell (2022) haben wir bereits 1.1 °C Erwärmung. Die neuesten Berichte des Weltklimarats (IPCC) belegen wissenschaftlich, dass ein Überschreiten dieser Grenzen zu massiven, sich beschleunigenden und irreversiblen Klimaänderungen mit katastrophalen Klimawirkungen in allen Teilen der Erde führen würde. Es ist auch belegt, dass das 1.5°C Ziel nur durch eine schnelle und massive Reduktion der Treibhausgasemissionen erreicht werden kann und dass spätestens bis 2050 weltweit und in allen Sektoren Klimaneutralität, also Netto-Null Emissionen, erreicht werden müssen.

Das Land Südtirol hat sich mit seiner Initiative „Klimaland Südtirol“ und dem „KlimaPlan Energie – Südtirol 2050“, der seit Sommer 2021 als Entwurf vorliegt¹ zum Ziel gesetzt, Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren und so zu Erreichung der Pariser Klimaziele beizutragen. Die vorliegende Studie versteht sich als Unterstützung und Ergänzung zu dem sich derzeit (Stand Juli 2022) noch in Überarbeitung befindlichen neuen Klimaplan der Autonomen Provinz Bozen.

Die Studie erläutert wissenschaftliche, politische und rechtliche Hintergründe einer umfassenden Klimaschutzstrategie für Südtirol. Sie zeigt für die Sektoren Verkehr, Gebäude, Energie und Industrie mögliche Pfade in Richtung Klimaneutralität auf (Kapitel 5), beschreibt die Emissionen der Landwirtschaft und wie diese gesenkt werden können (Kapitel 6) und gibt einen möglichen Ausblick auf ein Leben in einem klimaneutralen Südtirol (Anhang 2).

Wichtige Bereiche deckt die vorliegende Studie nicht oder nur bedingt ab, wie zum Beispiel die grauen Emissionen, den Beitrag von Verhaltensänderungen zum Klimaschutz (z.B. verändertes Mobilitäts- Konsum- oder Ernährungsverhalten) oder die Notwendigkeit Klimaschutz und Klimaanpassung gemeinsam zu planen. Diese Themen sollen für einen erweiterten Klimaplan in Folgestudien behandelt werden.

2. DER ENERGIE- UND KLIMAPOLITISCHE RAHMEN DER EUROPÄISCHEN UNION

Die Europäische Kommission hat den Europäischen Green Deal beschlossen, um die EU bis 2050 in eine emissionsfreie, wettbewerbsfähige Wirtschaftsgemeinschaft umzuwandeln. Diese Richtung wurde mit dem „Europäischen Klimagesetz“ (Verordnung 2021/1119) eingeschlagen. Es machte das im Green Deal vorgesehene politische Ziel der Klimaneutralität bis 2050 und die EU-Zielvorgabe einer Senkung der Nettotreibhausgasemissionen innerhalb der Union von mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 für 2030 verbindlich – ein neues und ehrgeizigeres Ziel, das eine neuerliche Überarbeitung der einschlägigen europäischen Rechtsvorschriften erfordert. Im Juli 2021 verabschiedete die Europäische Kommission daher das Paket „Fit für 55%“ (*Fit for 55*).

¹ <https://www.klimaland.bz/it/piano-clima-energia-alto-adige-2050/>

3. RECHTLICHE UND POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN DES ITALIENISCHEN STAATES, DER REGIONEN UND DER AUTONOMEN PROVINZEN

Im Rahmen dieser normativen und programmatischen Überarbeitung der EU-Ziele in Bezug auf Emissionsreduzierung, erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind die aktuellen Klima- und Energieziele sowie die Verpflichtungen Italiens hauptsächlich auf folgende programmatischen Rechtsakte zurückzuführen: Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan 2030 (INEKP), Nationaler Aufbau- und Resilienzplan 2021 (NARP), Plan für den ökologischen Wandel (PÖW) von 2022. Im Rahmen dieser Entwicklung auf europäischer und nationaler Ebene, bieten die Verwaltungs- und Gesetzgebungsbefugnisse der Autonomen Provinz Bozen die Möglichkeit, höhere Ziele zur Treibhausgasemissionsminderung, zu Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien zu verfolgen und gleichzeitig die lokalen Besonderheiten stärker aufzuwerten. Insbesondere könnte die Autonome Provinz Bozen folgende Maßnahmen ergreifen: 1) Ziele im Einklang mit einer sogar noch vor 2050 zu erreichenden Klimaneutralität und ehrgeizigere Maßnahmen in programmatischen und strategischen Dokumenten oder Leitlinien (z. B. ehrgeizigere Maßnahmen und Ziele im Klimaplan); 2) sektorale gesetzgeberische und regulatorische Eingriffe, die diese programmatischen Ziele in den verschiedenen Sektoren und Sachgebieten im primären und sekundären Zuständigkeitsbereich der Autonomen Provinz Bozen verbindlich machen; 3) steuerliche Maßnahmen (Besteuerung und Steuerbefreiungen) und Anreizsysteme (Beiträge und Anreize), die mit den politischen Zielen und den sektoralen gesetzgeberischen Maßnahmen koordiniert werden, um die ehrgeizigeren Maßnahmen für die Energiewende und den ökologischen Wandel auch durch die Einführung geeigneter steuerlicher Instrumente und Anreize zu unterstützen.

4. EMISSIONEN VON FOSSILEN ENERGIETRÄGERN: ENTWICKLUNG DER LETZTEN JAHRE UND MÖGLICHKEITEN DER ZIELERREICHUNG

Emissionen durch Verbrennung von fossilen Energieträgern sind für ca. 80% der gesamten direkten Emissionen Südtirols verantwortlich.

Diese Emissionen liegen in Südtirol historisch tiefer als im europäischen und italienischen Durchschnitt². Grund hierfür sind insbesondere die geringe Präsenz an Schwerindustrie in Südtirol, die Abwesenheit von großen thermischen fossilen (Gas- oder Kohle-) Kraftwerken zur Stromproduktion (bei gleichzeitiger erheblicher Produktion von erneuerbarem Strom insbesondere durch Wasserkraft) und eine starke Nutzung von Biomasse zum Heizen der Gebäude sowohl in Fernwärme-Systemen als auch in individuellen Heizungen.

Abbildung A führt die Entwicklung der Emissionen fossiler Brennstoffe in den Jahren 2010 bis 2019 auf³. Wie ersichtlich haben sich im genannten Zeitraum die Emissionen lediglich um 7% verringert. Auf der COP26 in Glasgow hat sich die internationale Staatengemeinschaft – ba-

² <https://www.klimaland.bz.it/piano-clima-energia-alto-adige-2050/>

³ https://ambiente.provincia.bz.it/aria/valutazione-pluriennale-qualita-aria.asp?publ_action=4&publ_article_id=311845

sierend auf den Berichten der IPCC⁴ - auf ein Minderungsziel von mindestens 45% bis 2030, ausgehend vom Jahr 2010 festgelegt⁵. Da in Südtirol klare Emissionszahlen von 2010 vorliegen aber nicht von 1990, wird im weiteren Dokument dieses Minderungsziel als Referenz verwendet. Um das Ziel auch in Südtirol zu erreichen, ist somit in den kommenden 8 Jahren eine Emissionsreduktion von über 38% notwendig. Dies ist eine erhebliche Anstrengung, welche auch in den darauffolgenden Jahren nicht nachlassen darf, wenn die Ziele der Klimaneutralität und der Null-Emissionen aus fossilen Energieträgern bis 2040 oder 2045 erreicht werden sollen. Zusätzlich bringt diese Transformation wesentliche Chancen mit sich, sowohl im Umweltbereich (Luftqualität, Gesundheitsbelastung, Lärmbelastung, ...) wie auch im wirtschaftlichen Bereich (lokale und regionale Wertschöpfung, Arbeitsplätze, Marktentwicklungen, ...). Ergebnisse von diversen technisch-ökonomischen Gesamt-Energie-Systemsimulationen, welche die Autoren in den letzten Jahren auf regionaler und nationaler Ebene durchgeführt haben⁶, zeigen auf, dass Kosten in der Größenordnung von hunderten Millionen € pro Jahr an fossilen Energieträgern (Gas, Diesel, Benzin) mit sehr geringer lokaler Wertschöpfung eingespart werden. Andererseits sind lokale Investitionen in erneuerbare Energien, Infrastrukturen und Energieeffizienz notwendig, welche zum Teil wichtige lokale Wertschöpfungsketten ermöglichen.

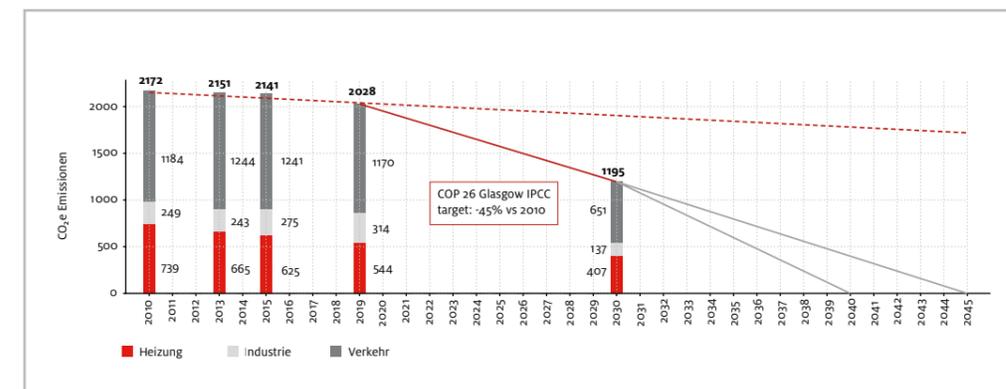


Abb. A. Trend der Emissionen aus fossilen Brennstoffen in Südtirol, 2010-2019, mit Ziel für 2030 und Ausblick auf Klimaneutralität. Berechnung von Eurac Research auf Grundlage des Emissionsinventars INEMAR (Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz) und der beim Klimagipfel COP26 von Glasgow getroffenen Vereinbarung zur Emissionsminderung.

⁴ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Summary_Volume_Low_Res.pdf

⁵ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%20decision.pdf

⁶ <https://www.eurac.edu/en/institutes-centers/institute-for-renewable-energy/tools-services/energy-modelling>

Die Abbildung B führt die drei Hauptsektoren der Emissionen mit den wesentlichen Untersektoren aus dem Jahr 2019 auf.

Stärkster Emissionsverursacher in Südtirol ist mit über 50% der Verkehr (bei Betrachtung der Emissionen durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen). Stärkster Einzelverursacher ist in diesem Bereich der private Personen-Verkehr (PKW). Die Daten beinhalten sowohl die Verkehrsemissionen der Südtiroler Bevölkerung als auch jene der Touristen, welche Südtirol besuchen oder Südtirol durchqueren. Zweitstärkster Emittent im Verkehrssektor ist der Waren-Schwerverkehr. Gefolgt wird dieser von leichten Lastkraftwagen, Bussen, Motorrädern usw.

Zweitgrößte Emissionsverursacher ist mit ca. 27% der Heizungssektor, allen voran die Gasheizungen der Privathaushalte. An dritter Stelle stehen die Emissionen durch Erdgasverbrennung in den Südtiroler Fernheizwerken. Es folgen in geringerem Ausmaß die Emissionen durch Verbrennung von Flüssiggas und Heizöl.

Der letzte große Sektor ist die Industrie, welche für ca. 15% der Emissionen in Südtirol verantwortlich ist. Diese Emissionen stammen nahezu vollständig von der Erdgasverbrennung. Betrachtet man in Abbildung A die zeitliche Entwicklung der Emissionen aus den drei Sektoren so wird ersichtlich, dass sich die Emissionen im Verkehrssektor kaum verändert haben (-2%), jene aus dem Heizungssektor konnten mit über 26% deutlich reduziert werden, während jene im Industriebereich mit über 26% deutlich gestiegen sind.

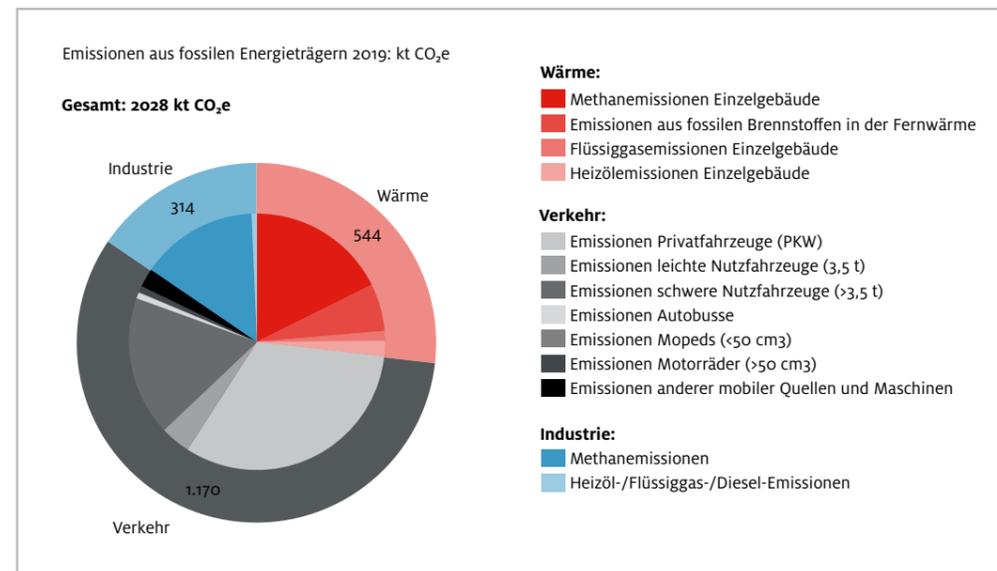


Abb. B. Aufschlüsselung der Emissionen fossiler Brennstoffe in Südtirol, 2019. Berechnung von Eurac Research auf Grundlage des Emissionsinventars INEMAR (Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz)

Die vorliegende Studie quantifiziert die Ausgangssituation und laufende Entwicklungen und zeigt weitere konkrete mögliche Entwicklungen bis 2030 auf. Es wurden hierfür zwei Szenarien erarbeitet.

1. **Szenario ACTUAL:** Dieses Szenario betrachtet die lokalen Entwicklungen und führt historische Trends fort, wenn keine deutlichen Veränderungen absehbar sind. Zusätzlich wurden lokale Zielsetzungen, Förderungen und Maßnahmen evaluiert und quantifiziert. Nationale und europäische Vorgaben sowie Trends und Entwicklungen wurden auf die lokale Ebene herunterskaliert. Bezug genommen wurde insbesondere auf das Dokument „KlimaPlan – Update“⁷ und „Everyday for Future“⁸. Die Abschätzung der Entwicklung jedes Teilsektors in den einzelnen Bereichen sind in Kaskadendiagrammen dargestellt. Eine abschließende Summierung aller Beiträge ermöglicht die Abschätzung der voraussichtlichen CO₂ eq. Emissionsminderungen bis 2030.
2. **Szenario IPCC:** Ausgehend vom Szenario ACTUAL identifiziert und quantifiziert dieses Szenario weitere Maßnahmen, welche es ermöglichen das IPCC Zwischenziel (auf welches man sich auf der COP26 in Glasgow geeinigt hat) für 2030 zu erreichen.

Die genannten Maßnahmen und die Quantifizierungen stellen keinen Schlusspunkt, sondern einen Ausgangspunkt für weitere Überlegungen und zukünftige Entwicklungen dar. Maßnahmen können sich ändern, ihre realen Auswirkungen können stärker oder schwächer als erwartet ausfallen. Die Auswirkungen des aktuellen Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine zeigen, in wie kurzer Zeit sich vermeintlich stabile Rahmenbedingungen massiv verändern können. Ein regelmäßiges Monitoring (zumindest alle 2 Jahre) der realen Emissionen erscheint somit unabdingbar, um Maßnahmen wiederholt anpassen zu können und damit die effektive Zielerreichung zu gewährleisten.

Abbildung C zeigt die zusammenfassenden Ergebnisse des Szenarios ACTUAL auf. Auf Grundlage der vorliegenden Daten ist zu erwarten, dass die CO₂ eq. Emissionen durch Verbrennung fossiler Brennstoffe in Südtirol bis 2030 im Vergleich zu 2010 um ca. 30% sinken werden.

⁷ <https://www.klimaland.bz.it/piano-clima-energia-alto-adige-2050/>

⁸ <https://news.provincia.bz.it/news/sostenibilita-la-giunta-presenta-i-suoi-obiettivi>

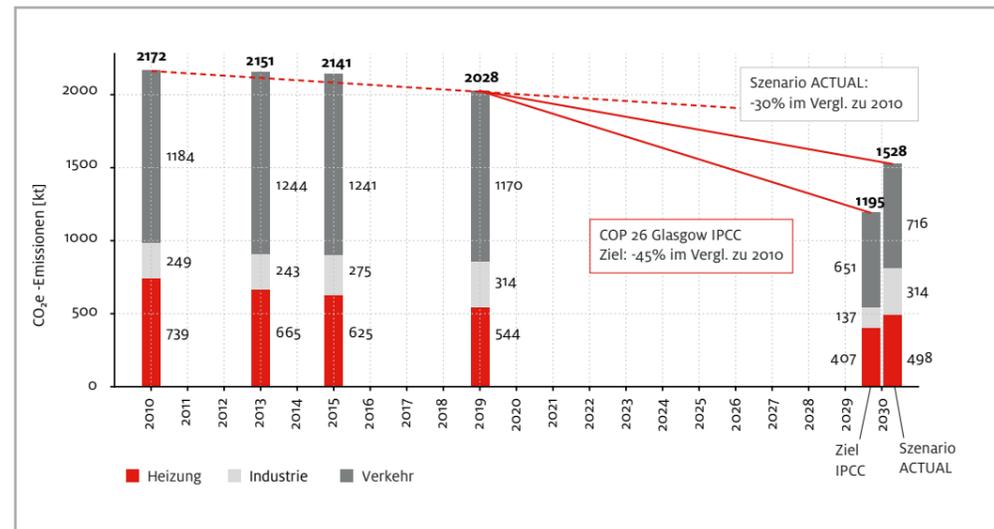


Abb. C. Geschätzte Minderung der CO₂e-Emissionen, Szenario ACTUAL. Berechnungen von Eurac Research

Um das IPCC Ziel (von – 45%) zu erreichen ist es somit notwendig, weitere Maßnahmen zu identifizieren, welche eine Einsparung von zusätzlichen über 330 kt CO₂ eq. ermöglichen.

Im Bericht sind sämtliche betrachteten Maßnahmen, Annahmen, verwendeten Ausgangsdaten und Berechnungen aufgeführt. Aufgrund der kurzen Zeitachse (acht Jahre von heute bis 2030), ist es insbesondere wichtig jene Maßnahmen zu ergreifen, welche schnell skalierbar sind und großflächig angewandt werden können. Im Folgenden werden 10 Maßnahmen aufgeführt, welche es aufgrund der vorliegenden Daten ermöglichen können, das IPCC Ziel zu erreichen. Es handelt sich um Maßnahmen, die in Folge der technologischen Entwicklungen der letzten Jahre möglich sind. Maßnahmen, bei welchen die wirtschaftliche Mehrbelastung gering bis negativ ins Gewicht fällt sowie Maßnahmen in Bereichen, in welchen ohnehin der Ankauf oder eine Erneuerung bestehender Strukturen anstehen würde. Zusätzlich wurde versucht, Maßnahmen zu identifizieren, welche in anderen Ländern oder Regionen bereits erfolgreich und umfassend umgesetzt werden konnten.

Die vorliegenden Maßnahmen gehen alle davon aus, dass sich das Nutzerverhalten nicht ändert. Es handelt sich primär um eine technologische Veränderung, kaum um die Veränderungen der Lebensweisen. Beides ist jedoch wichtig. In welchem Ausmaß kann heute schwer abgeschätzt werden. Um das Thema Verhaltensänderung geht es im Anhang 2, der auf die Studie „Denkanstoß Covid – 19, Zukunftsszenarien für ein nachhaltiges Südtirol 2030+“⁹ aufbaut.

Die Transformation hin zu einem CO₂-armen Energie- und Transportsystem führt über eine wesentliche Reduktion des Primärenergiebedarfs der Gesellschaft. Hierzu braucht es den breiten

⁹ https://bia.unibz.it/esploro/outputs/report/Denkansto%C3%9F-Covid-19-Zukunftsszenarien-f%C3%BCr-ein-nachhaltiges/991005835249301241?institution=39UBZ_INST

Einsatz energieeffizienter Technologien. Dadurch ändert sich auch die Nachfrage an Energieträgern. So wird etwa elektrischer Strom an Bedeutung gewinnen. Transport wird weitgehend elektrifiziert werden, der Wärmesektor teilweise. Der Mehrbedarf an Strom, durch die in dieser Studie vorgeschlagenen Maßnahmen, wurde quantifiziert und in installierte Photovoltaik-Leistung übersetzt (siehe Anhang 1). Diese Berechnung wurde vorgenommen da Photovoltaik voraussichtlich jene Form der erneuerbaren Stromproduktion in Südtirol ist, welche in den kommenden Jahren mit Abstand am meisten zunehmen wird. Allerdings besteht der italienische nationale Strommix derzeit zu über 50%¹⁰ aus nicht erneuerbaren Quellen. Somit muss es nationales Ziel sein, den erneuerbaren Anteil deutlich zu steigern und zusätzlich den Strom-Mehrbedarf auch erneuerbar zu decken. Anhang 1 führt zusätzliche Abschätzungen zu Flächenbedarf, Anwendungsmöglichkeiten und Energiegemeinschaften auf.

Abbildung D zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen. Links ist der Anstieg an Strombedarf (Balken), rechts die notwendige neu zu installierende Photovoltaik Leistung (Linie) aufgeführt. Im Szenario IPCC liegt diese bei knapp 600 MW. Im Jahr 2020 waren in Südtirol insgesamt 257 MW Photovoltaikleistung installiert. Die aktuellen Anlagen müssen somit nach diesem Szenario mehr als verdreifacht werden. Das technische Potential allein auf geeigneten Dachflächen mit Ausklammerung historischer Stadt- und Dorfzentren liegt laut Projekt Solar-Tirol bei über 1200 MW. Die genannten 600 MW berücksichtigen den Mehrbedarf für batterieelektrische Fahrzeuge und für Wärmepumpen im Gebäudesektor. Die Zahl berücksichtigt nicht eine mögliche Elektrifizierung von Industrieprozessen und die Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff. Der reale Bedarf könnte somit noch deutlich höher sein. Wasserstoff wird auf globaler Ebene in den kommenden Jahren eine wichtige Rolle spielen¹¹, insbesondere im Schwerverkehr (Schifffahrt, Flugverkehr, zum Teil LKW, ...) und in der Schwerindustrie (Stahl, Zement, ...). Eine Quantifizierung des zukünftigen Bedarfs an Wasserstoff (und somit erneuerbarem Strom zu dessen Herstellung) für Südtirol bedarf detaillierter Analysen und Szenarien für diese Sektoren.

¹⁰ Dati 2020, Gestore Servizi Elettrici, energia elettrica da fonte rinnovabili immessa nel sistema elettrico: 45,04%, <https://www.servizioelettriconazionale.it/it-IT/info-news/info/mix-di-combustibili>

¹¹ IRENA Report, *Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal: Green Hydrogen Cost and Potential*, May 2022, ISBN : 978-92-9260-432-5, <https://www.irena.org/publications/2022/May/Global-hydrogen-trade-Cost>

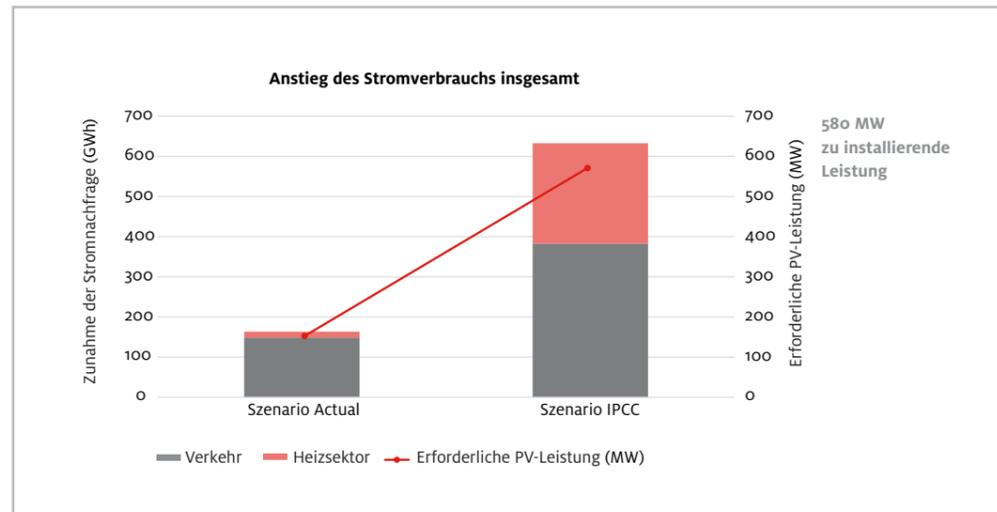


Abb. D. Gestiegene Nachfrage nach Elektrifizierung im Verkehr und im Heizsektor und erforderliche installierte PV-Leistung, um diesen Anstieg zu kompensieren. Berechnungen von Eurac Research

Abschließend geht die Studie in Anhang A1.3 auf die Möglichkeiten der Sanierung von Gebäuden in den Südtiroler historischen Stadt- und Dorfcentren ein. Es wird aufgezeigt, dass bei richtigem Vorgehen dieses wichtige kulturhistorische Erbe erhalten werden kann und dennoch hoher Wohnkomfort bei reduziertem Energieverbrauch möglich ist.

Anhang 1 A1.4 hingegen verweist auf die Möglichkeiten einer zentralisierten Datenplattform für Südtiroler Energiedaten. Heute sind diese Daten in einer Vielzahl von Webseiten, Projekten und Berichten verteilt zu finden und zum Teil nur über spezifische Anfragen bei öffentlichen oder institutionellen Akteuren erhältlich. Eine detaillierte Analyse ist dadurch nur für Experten und mit hohem Zeitaufwand möglich, während eine Zentralisierung die Zugänglichkeit auch für interessierte Bürger ermöglicht und neue private Energiedienstleistungen hervorrufen könnte.

5. LANDWIRTSCHAFT

Die Rolle der Südtiroler Landwirtschaft in Zusammenhang mit dem Klimawandel ist bisher eher mit Blick auf Auswirkungen und Anpassungen, weniger in ihrer Rolle als Mitverursacherin untersucht worden. Ihr Anteil an den Gesamt-Treibhausgasemissionen ist zwar geringer als jener von Verkehr oder Energie, die Berechnung der jährlichen Emissionen sowie deren Reduktion ist dafür umso komplexer. Das hat zum einen mit der schwierigen Eingrenzung des Systems Landwirtschaft zu tun (z.B. Berechnung der Futtermittelmmissionen) zum anderen sind Landwirtschaft und Landnutzung bislang als einzige Sektoren in der Lage CO₂ in relevanten Mengen dauerhaft der Atmosphäre zu entziehen. Nicht zuletzt sind die Produktion und der Konsum von Nahrungsmitteln tief in Gewohnheiten und Traditionen verankert, sodass notwendige Änderungen mit

starken Emotionen verbunden und mit dem entsprechenden Bewusstsein umgesetzt werden müssen. Dennoch: Wenn wir das Klima in absehbarer Zeit auf 1.5°C -2°C Erwärmung stabilisieren wollen, sind auch in Ernährung und Landnutzung grundlegende Bewirtschaftungs- und Verhaltensänderungen notwendig.

Kapitel 6.2 beschreibt und quantifiziert zunächst die Emissionen aus der Südtiroler Landwirtschaft. Die direkten territorialen Emissionen belaufen sich auf ca. 490.000t CO₂e, was in etwa 18.8% der gesamten Südtiroler Emissionen entspricht. Der größte Teil der Emissionen entfällt dabei auf Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) aus der Viehhaltung. Vor- und Nachleistungen aufsummiert machen noch einmal dieselbe Menge an Emissionen aus (siehe Abbildung E). Daraus ergeben sich für die Südtiroler Landwirtschaft (inkl. Vor- und Nachleistungen, auch extraterritorial) jährliche Emissionen von knapp 1 Mio t CO₂e.

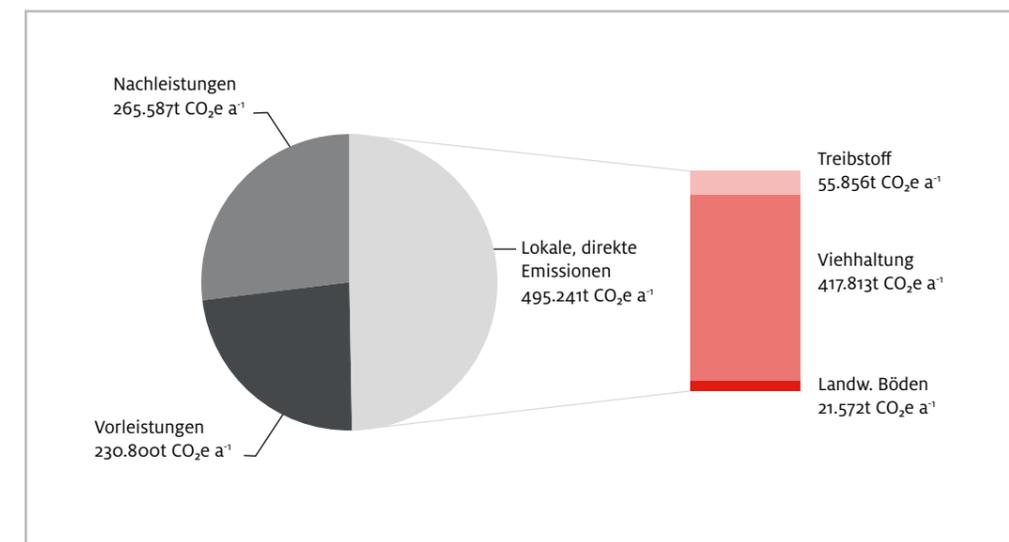


Abb. E. Übersicht über die Treibhausgasemissionen der Südtiroler Landwirtschaft incl. Vorleistungen, direkten territorialen Emissionen und Nachleistungen

In dieser Bilanz fehlen noch Daten aus Land- und Forstnutzung (z.B. Änderungen des Kohlenstoffgehaltes in Boden oder Wald). Wie in anderen Gebieten Mitteleuropas ist auch in Südtirol davon auszugehen, dass dieser Bereich aktuell eine deutliche Netto-Senke darstellt. Zwar liegen isolierte Messungen und Erhebungen zur Kohlenstoff-Senkenleistung der Landschaft vor, doch fehlt noch ein wissenschaftlich fundiertes Gesamtbild. Rechtlich gesehen kann nur ein Teil der Absorptionsleistung des Waldes als Senke angerechnet werden. Eine vage Schätzung, die von den Senkenkontingenten der EU für Italien ausgeht, beläuft sich auf ca. 550000t CO₂e. an jährlicher anrechenbarer Senkenleistung durch die Südtiroler Wälder. Grundsätzlich bedarf die Klimabilanz der Südtiroler Forstwirtschaft (inkl. Biomassenutzung oder Anstieg der Waldgrenze) aber noch einer grundlegenden Aufarbeitung.

Abschnitt 6.5 gibt einen Überblick über Klimastrategien und die wichtigsten Reduktionsmaßnahmen ausgewählter Staaten, die zumeist auch für Südtirol anwendbar wären. Die oft qualitativ formulierten Maßnahmen beinhalten im Wesentlichen Verbesserung im Düngermanagement, Stärkung des Ökologischen Landbaus und Anpassungen in der Fütterung. Auf lokaler Ebene gibt es bislang verschiedene punktuelle Maßnahmen und Pläne aber noch keine übergeordnete Strategie mit definierten Zielwerten.

Kapitel 6.6 untersucht schließlich die Szenarien für eine klimaneutrale Südtiroler Landwirtschaft. Aktive Maßnahmen zur Verbesserung des Kohlenstoffgehaltes im Boden (sog. Carbon Farming) können langfristig Emissionen etwas ausgleichen. Große Verbesserungen in der Klimabilanz sind aber in Südtirol nicht zu erwarten, da es nur wenige Ackerflächen gibt, die Landwirtschaft sehr kleinstrukturiert ist und die Böden bereits relativ hohe Bodenkohlstoffgehalte aufweisen. Der effektivste Weg zur Klimaneutralität führt daher über die Emissionsvermeidung. Neben vielen weiteren Maßnahmen erscheinen die folgenden 3 Punkte als die wichtigsten (Die Einsparungspotentiale sind ungefähre Schätzungen und hängen im Wesentlichen von der Konsequenz der Umsetzung ab.):

- Extensivierung der Viehhaltung (Doppelrassennutzung, hoher Grundfutteranteil) in Kombination mit technischen Maßnahmen (Biogaserzeugung, Düngelagerung, Einsparungspotential bis zu ~ 100kt CO₂e pro Jahr)
- Zunehmende Umstellung auf pflanzliche Kulturen in klimatisch günstigen Gebieten (Einsparungspotential bis zu ~ 100kt CO₂e pro Jahr)
- Ersatz fossiler und energieintensiver Verpackungen in der Obst- und Weinwirtschaft durch recyclebare Materialien, Reduzierung des Flaschengewichts oder die Einführung der Mehrfachflaschennutzung (~ 50kt CO₂e pro Jahr)

Es ist offensichtlich, dass derartige Veränderungen nicht nur den Landwirtschaftssektor alleine betreffen, sondern ein Mittragen durch die gesamte Gesellschaft erfordert. Dazu zählen u.a. ein klimabewusster Konsum sowie mutige und klare politische Rahmenbedingungen.

6. MASSNAHMEN

Ergänzend zu den bereits laufenden Maßnahmen empfehlen sich weitere 10 Maßnahmenfelder um die Zielsetzung der Emissionsreduktion um 45% ausgehend von 2010 bis 2030 in Südtirol zu erreichen:



Vorgeschlagene Maßnahme 1: Elektrofahrzeuge für alle attraktiver machen

Ausarbeitung von Maßnahmen, die die Entscheidung für ein Elektrofahrzeug zur „natürlichen“ Wahl machen. Länder, in denen bereits die Mehrheit der Kunden beim Neukauf auf Elektrofahrzeuge zurückgreift, haben viele Maßnahmen ergriffen, die die Attraktivität dieser Fahrzeuge steigert: Neben Kaufförderungen bieten diese Länder Elektrofahrzeugen Vorteile in der Nutzung von Parkplätzen, die Möglichkeit in Städten auf Busspuren oder in Null-Emissionszonen fahren zu dürfen, Vorteile bei der Nutzung der Autobahnen und im Aufbau einer sehr kapillaren Lade-Infrastruktur. In Städten können zusätzlich elektrifizierte Lastenräder in vielen Fällen ein Zweitauto ersetzen.



Vorgeschlagene Maßnahme 2: Fokus der finanziellen Anreize auf Null-Emissionsfahrzeuge

Anreize ausschließlich auf emissionsfreie Fahrzeuge konzentrieren (nur reine Elektro- oder Wasserstofffahrzeuge). Heute werden sowohl emissionsfreie wie auch emissionsarme Fahrzeuge gefördert. Emissionsarme Fahrzeuge haben jedoch oft in der realen Nutzung einen wesentlich höheren Kraftstoffverbrauch als beim Kauf angegeben (laut¹² liegt der reale Verbrauch von Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen in Europa 2 bis 4-mal höher als beim Kauf angegeben).



Vorgeschlagene Maßnahme 3: Die Attraktivität der Brennerautobahn für emissionsfreie LKW steigern

Ausarbeitung von Maßnahmen zur Förderung des emissionsfreien Warenverkehrs und zur Verringerung der Verkehrsemissionen auf der Brennerautobahn.

Die Nutzung von emissionsfreien LKWs hat gerade erst begonnen. Sie kann jedoch wesentlich attraktiver werden, wenn die Autobahngebühren für solche Fahrzeuge geringer sind als für herkömmliche, diese Fahrzeuge die Autobahn an mehr Stunden pro Tag verwenden können und eine leistungsstarke Infrastruktur vorhanden ist, welche problemloses Nachladen / Nachfüllen auch von batterieelektrischen und wasserstoffbetriebenen LKWs ermöglicht.

¹² <https://www.transportenvironment.org/discover/fixing-the-phev-loop-hole/>



Vorgeschlagene Maßnahme 4:
Beschleunigung der Elektrifizierung von Unternehmensflotten

Ausarbeitung von Maßnahmen, die den Übergang zu einer emissionsfreien Flotte attraktiver machen. Unternehmensflotten machen in der EU 20% der Fahrzeuge, 40% der gefahrenen km und 50% der Verkehrsemissionen¹³ aus. Förderungen sind hier somit besonders effizient. Diese können sowohl die Fahrzeuge wie auch die unternehmensspezifisch neu zu errichtende Lade-Infrastruktur betreffen. Emissionsfreie Flotten führen zusätzlich in wenigen Jahren zu emissionsfreien Fahrzeugen auf dem Gebrauchtwagen-Markt. Dies ermöglicht es, breiteren sozialen Bevölkerungsschichten auf solche Fahrzeuge umzusteigen.



Vorgeschlagene Maßnahme 5:
100% emissionsfreie öffentliche Busse

Ab sofort nur noch in emissionsfreie Busse investieren, mit dem Ziel, bis 2030 alle Busse mit fossilem Antrieb zu ersetzen. Einige chinesische Großstädte haben diesen Umstieg mit tausenden von Bussen bereits abgeschlossen¹⁴. Diverse europäische Städte arbeiten an der Erreichung eines solchen Ziels¹⁵. Die Erfahrungen auf regionaler Ebene sind geringer. Die Technologie- und Marktentwicklung ist jedoch sehr schnell¹⁶ und die positiven Effekte eines Umstiegs sind vielfältig.



Vorgeschlagene Maßnahme 6:
Nur erneuerbare Energien für neue Gebäude

Einführung eines Standards, bei dem der Energiebedarf für alle neu errichteten Gebäude ausschließlich aus erneuerbaren Quellen gedeckt wird. Neue Gebäude weisen einen sehr hohen Standard an Energieeffizienz und Komfort auf. Meist werden sie ohnehin mit Niedertemperaturheizsystemen ausgestattet. Der Einbau von erneuerbaren Heizsystemen anstatt fossiler Heizkessel ist somit einfach.



Vorgeschlagene Maßnahme 7:
Nur erneuerbare Energien bei tiefgreifender Sanierung

Tiefgreifende Sanierungsmaßnahmen so strukturieren, dass die Beseitigung des mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizkessels zum Standard wird.

¹³ Ernst&Young, Accelerating fleet electrification in Europe When does reinventing the wheel make perfect sense, 2021

¹⁴ Beispiel Shenzhen: IEA, Berlin A. et al, Case Study: Electric buses in Shenzhen, China

¹⁵ Beispiel Mailand: <https://www.atm.it/it/IlGruppo/IlNostroImpegno/Pagine/Rinnovodel-laflotta.aspx>

¹⁶ <https://www.now-gmbh.de/aktuelles/pressemitteilungen/bmdv-bringt-rund-3-000-saubere-busse-auf-die-strasse/>



Vorgeschlagene Maßnahme 8:
Ausstieg aus rein fossilen Heizkesseln

Strukturierung einer Maßnahme zur Förderung von mindestens hybriden Heizsystemen beim Austausch eines fossilen Heizkessels. Die Frequenz, mit der Heizkessel ausgetauscht werden, ist deutlich höher als jene der tiefgreifenden Sanierung von Gebäuden (ca. 4-mal so hoch). Um eine zügige Dekarbonisierung des Gebäudebestands zu ermöglichen, gilt es zu vermeiden, dass ein bestehender rein fossiler Heizkessel durch einen neuen rein fossilen Heizkessel ersetzt wird. Alternativen sind rein erneuerbare oder zumindest hybride Heizsysteme. Diese kombinieren z.B. eine Gasheizung mit einer Luftwärmepumpe. Somit kann im Großteil des Jahres die Wärmepumpe (emissionsfrei) für die nötige Wärme sorgen, und die Gasheizung kommt lediglich an besonders kalten Tagen zum Einsatz.



Vorgeschlagene Maßnahme 9:
Schrittweise Reduktion fossiler Brennstoffe in Fernheizsystemen

Entwicklung und schrittweise Umsetzung von Dekarbonisierungsplänen für Fernheizwerke, die noch große Mengen fossiler Brennstoffe verwenden. Fernheizwerke sind eine wertvolle Infrastruktur, die die Verbrennungspunkte von vielen Einzelheizungen auf einige wenige (sehr kontrollierte) konzentrieren. Somit tragen sie deutlich zur Verbesserung der Luftqualität in Städten und Dörfern bei. Für jene wenigen Fernheizwerke in Südtirol, welche auf die Verbrennung von Erdgas setzen, gilt es Strategien zu entwickeln, die diese Abhängigkeit reduzieren. In den kommenden Jahren sollen diese Strategien schrittweise umgesetzt und alternative Wärmequellen erschlossen werden.



Vorgeschlagene Maßnahme 10:
Industrie: analysieren und Emissionen reduzieren

Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung des Wissenstands und zur Emissionsminderung im Industriesektor. Erarbeitung von Studien, die erheben, in welchen Industriesektoren, bei welchen Prozessen und Temperaturen fossiler Brennstoff in Südtirol verbrannt wird. Genaue Daten ermöglichen es, für die einzelnen Sektoren und Prozesse Alternativen ausfindig zu machen und diese gezielt zu fördern. Im Einklang mit den anderen Sektoren gilt es auch im Industriesektor, die Alternativen möglichst schnell umzusetzen und die fossilen Energieträger zügig mit erneuerbaren zu ergänzen bzw. sie durch erneuerbare zu ersetzen.

1.

Einleitung

Autor:
Marc Zebisch (Institut für Erdbeobachtung)

1.1. ABSICHT DER STUDIE

Wissenschaftlich herrscht große Einigkeit darüber, dass das schnelle Erreichen von globaler Klimaneutralität die einzige Möglichkeit ist, die Erderwärmung unter 1.5°C, auf jeden Fall aber deutlich unter 2°C zu halten (verbindliche Ziele des Pariser Klimavertrags von 2015). Das EU-Klimagesetz fordert alle Regionen und Sektoren auf, vor 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Auch Südtirol sollte diese Ziele verfolgen und sie in einer Klimaschutzstrategie oder einem Klimaschutzplan verbindlich festlegen sowie mit konkreten Maßnahmen anstreben.

1.1.1. Was diese Studie abdeckt

In diesem Bericht erläutern wir wissenschaftliche, politische und rechtliche Hintergründe einer Klimaschutzstrategie für Südtirol. Wir zeigen Szenarien auf, wie Südtirol Klimaneutralität in den Sektoren Verkehr, Gebäude, Energie und Industrie erreichen könnte (Kapitel 5), wie die Emissionen aus der Landwirtschaft gesenkt werden könnten (Kapitel 6) und geben einen möglichen Ausblick auf ein Leben in einem klimaneutralen Südtirol (Anhang 2).

Wir gehen auf neueste wissenschaftliche Erkenntnisse wie zum Beispiel die des Weltklimarats (IPCC) sowie auf jüngste Beschlüsse und Regeln internationaler, europäischer und nationaler Gremien ein. Daneben analysieren wir mögliche Auswirkungen auf Ziele und Konzepte der Klimastrategie der Autonomen Provinz Bozen. Für die Szenarien in Richtung Klimaneutralität wurden eigene Modellrechnungen und Abschätzungen durchgeführt, die heutige gesellschaftliche Verhaltensmuster zu Grunde legen, aber dennoch deutliche Emissionsreduktionen ermöglichen.

Einen zusätzlichen Denkanstoß bietet ein Kapitel im Anhang. Es zeichnet eine Gesellschaft, die wesentlich von Verhaltensänderungen geprägt ist. Das aufgeführte Szenario entstammt der Studie „Denkanstoß Covid – 19, Zukunftsszenarien für eine nachhaltige Südtirol 2030+“¹⁷ und ist eines von 4 Szenarien, das hier angepasst wurde.

Die vorliegende Studie versteht sich als Unterstützung und Ergänzung zum dem sich derzeit (Stand Juli 2022) in Überarbeitung befindlichen neuen Klimaplan der Autonomen Provinz Bozen.

1.1.2. Was diese Studie nicht abdeckt

Die vorliegende Studie ist als erster Beitrag zu möglichen Wegen in die Klimaneutralität zu verstehen. Einige wichtige Aspekte konnten angesichts der kurzen Bearbeitungszeit nicht abgedeckt werden, wären aber für ein umfassende Klimastrategie wichtig zu erörtern.

¹⁷ https://bia.unibz.it/esploro/outputs/report/Denkansto%C3%9F-Covid-19-Zukunftsszenarien-f%C3%BCr-ein-nachhaltiges/991005835249301241?institution=39UBZ_INST

- Die Studie bezieht sich ausschließlich auf territoriale Treibhausgas- Emissionen (THG) und deren Reduktion. Gemeint sind also Emissionen, die unmittelbar in Südtirol entstehen, beispielsweise durch Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen, die in Südtirol getankt haben, wie auch durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe in Öl- oder Gasheizungen sowie Methanabgasung aus der Landwirtschaft. Graue Emissionen, also Emissionen, die außerhalb Südtirols entstehen, aber durch den Konsum von Produkten und Leistungen in Südtirol hervorgerufen wurden, fehlen in der Betrachtung. Hierzu gehören Emissionen aus der Produktion außerhalb hergestellter aber in Südtirol konsumierter Waren (z.B. Kleidung, Elektronik, Nahrungsmittel) aber auch anderer außerhalb erzeugter Stoffe und Hilfsmittel wie beispielsweise importiertes Kraftfutter, Baustoffe oder nicht-regenerativ hergestellter Strom.
In Südtirol liegen die so genannten grauen Emissionen deutlich über den territorialen Emissionen, da Südtirol wesentlich mehr Waren importiert als exportiert. Aktuell liegt nur eine Abschätzung der persönlichen Emissionen, inklusive der grauen Emissionen, mit Hilfe des CO₂-Rechner¹⁸ der Klimahaushaltsagentur vor. Diese liegen mit ca. 7,4 t pro Bürger pro Jahr deutlich über den ca. 5 t pro Bürger pro Jahr der territorialen Emissionen. Die Provinz hat zum Beispiel über die Förderung lokaler Wirtschaftskreisläufe oder die Förderung von Wiederverwertung (Reparieren, Recyclen) durchaus Möglichkeiten auch die grauen Emissionen zu senken. Insofern sollte auch die Reduktion grauer Emissionen in einer Klimaschutzstrategie berücksichtigt werden.
- Die Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen (Kapitel 5) berücksichtigen überwiegend technische Lösungen und gehen nicht von einer tiefgreifenden Verhaltensänderung aus (z.B. Umstieg von Individualverkehr auf öffentlichen Verkehr). Insofern sind diese Szenarien als „Business-as-Usual-Szenarien“ anzusehen, die überwiegend technische Änderungen und keine Verhaltensänderungen skizzieren. Berechnungen für Deutschland zeigen allerdings, dass durch Verhaltensänderungen, die eine gesellschaftliche Transformation hervorrufen kann, (z.B. Mobilitätsverhalten, Ernährung) Einsparungen im Energiebereich erzielt werden können, die das Erreichen von Klimaneutralität um den Faktor 3-4 günstiger gestalten als bei einem „Business-as-Usual-Szenario“¹⁹. Anhang 2 versucht mindestens einen Ausblick darauf zu geben, wie das Leben nach einem gesellschaftlichen Transformationsprozess in einem klimaneutralen Südtirol aussehen könnte.
- In der vorliegenden Studie wird nicht berücksichtigt, wie Wege in eine Klimaneutralität möglichst umfassend und effizient über Ressortverantwortlichkeiten hinweg gestaltet werden könnten (Thema Governance).
- Es fehlt in diesem Bericht auch das Thema Klimaanpassung: Im Umgang mit dem Klimawandel gibt es zwei wichtige Strategien, die beide gleichzeitig und miteinander abgestimmt durchgeführt werden müssen. Beide Strategien werden im Pariser Klimavertrag aber auch im EU-Klimagesetz als gleichwertig aufgeführt.

- Klimaschutz (engl. mitigation): EU-Klimagesetz Artikel 2 bezeichnet die Strategie, den Klimawandel durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen (THG) in allen Handlungsfeldern zu begrenzen. Ziel ist hier das Erreichen von Klimaneutralität. Grundlage von Klimaschutz ist eine Erfassung der Emissionen aller THGs in allen Sektoren sowie die Identifikation von Einsparungspotenzialen. Das Ziel (global und EU) ist es, bis spätestens 2050 Klimaneutralität zu erreichen.
- Klimaanpassung (engl. adaptation); EU-Klimagesetz Artikel beschreibt alle Maßnahmen, die wichtig und notwendig sind, um sich an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen. Auch hier sollten alle Handlungsfelder abgedeckt werden. Da die Folgen des Klimawandels bereits spürbar sind (z.B. Hitzeextreme, Trockenheit, Waldbrände, Starkregenereignisse von höherer Intensität und Überschwemmungen) wird hier international gefordert, die Strategien zur Abwehr von Naturgefahren und den damit verbundenen Risiken (engl. Disaster Risk Reduction – DRR) und die Klimawandelanpassung (engl. Climate Change Adaptation – CCA) miteinander zu verbinden. Auch aufgrund der langen Vorlaufzeiten von der Planung zur Umsetzung ist es notwendig, jetzt Klimaanpassung zu planen und anzustoßen. So sollte dies beispielsweise im Bereich Planung von neuen Siedlungen geschehen, die durch ausreichend Frischluftschneisen, Grünflächen und Versickerungsflächen vor den Folgen von Hitze, aber auch Starkregen schützen. Grundlage von Klimaanpassung ist die Analyse von Klimarisiken. Ziel von Klimaanpassung ist es Klimaresilienz zu erreichen, also eine möglichst hohe „Widerstandskraft“ gegenüber den unvermeidbaren und bereits eintretenden Folgen des Klimawandels.

In den letzten Jahren wurde erkannt, dass Klimaschutz und Klimaanpassung eng miteinander verbunden sind. So verbrauchen beispielsweise gut isolierte Gebäude nicht nur weniger Energie (Klimaschutz), sondern sind auch besser gegen Hitze geschützt (Klimaanpassung). Umgekehrt erhöht die Installation von mehr Klimaanlage (Klimaanpassung gegen Hitze) den Energiebedarf und somit die Emissionen. So genannte „Klimaaktionspläne“ führen die beiden Aspekte, Klimaschutz und Klimaanpassung, zusammen und stellen dar, wie diese beiden Strategien in existierenden Planungsprozesse (z.B. Gemeindeentwicklungsplan) oder Instrumente (z.B. Gesetze, Anreize) integriert werden können (engl. mainstreaming climate action into policies). Zusammen sollten beide Strategien Teil der auch von der EU in ihrer „Mission Adaptation“ geforderten sozialen und ökologischen Transformation werden, die alle Bereiche und Handlungsfelder in eine nachhaltige und sozial verträgliche Handlungsweise führen soll.

Wir empfehlen für die Autonome Provinz Bozen eine Klimaanpassungsstrategie als notwendige Ergänzung zum Klimaplan zu entwickeln. Es ist sinnvoll, mittelfristig diese zwei Strategien zu konkretisieren und in einem Klimaaktionsplan zusammenzuführen. Parallel dazu sollte auch eine Governance-Struktur (z.B. eine „Task Force Klima“) eingerichtet werden. Die Stakeholder (z.B. Abteilungen und Ämter) sowie die Instrumente (z.B. Planungsprozesse wie Gemeindeentwicklungsplan) sind eng miteinander verbunden.

¹⁸ <https://www.klimahaushalt.it/de/suedtiroler-co2-rechner--9-361.html>

¹⁹ <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Klimaneutralitaet-2045.pdf>

1.2. DIE KLIMAKRISE – DRINGENDER HANDLUNGSBEDARF

Die Dringlichkeit zu einem konsequenten Klimaschutz ist im Jahr 2021 so deutlich geworden wie noch nie zuvor. Das Jahr war geprägt von Extremereignissen: Hitzeextreme in Kanada und Sizilien mit Temperaturen nahe 50°C übertrafen die bisherigen Hitzerekorde um mehrere Grad. Starkregen- und Flutereignisse in Deutschland und Belgien forderten über 100 Todesopfer. Solche Ereignisse machen klar, dass Klimaextreme auch in Europa die Grenzen des bisher Erwarteten und damit die Grenzen des derzeitigen Risikomanagements überschreiten können. Während bisher überwiegend Studien zu den langfristigen Veränderungen als Folge des Klimawandels (z.B. Erwärmung, weniger Schnee, Gletscherschmelze) vorlagen, wurden es in den letzten Jahren wissenschaftliche Nachweise erbracht, dass sich auch die Wahrscheinlichkeit und die Intensität von besonders schadenswirksamen Extremereignissen durch den Klimawandel bereits messbar erhöht hat. Starkregenereignisse sind auch im Alpenraum um ca. 10-15% intensiver geworden²⁰,^{21,22}, Hitzeextreme wie die in Sizilien und Kanada wären ohne den Klimawandel faktisch unmöglich²³. Eine neue Studie der Europäischen Umweltbehörde (EEA), die von Eurac Research geleitet wurde, belegt die Zunahme von Extremereignissen und gibt Ausblicke auf die zukünftige Entwicklung dieser Ereignisse^{24,25}.

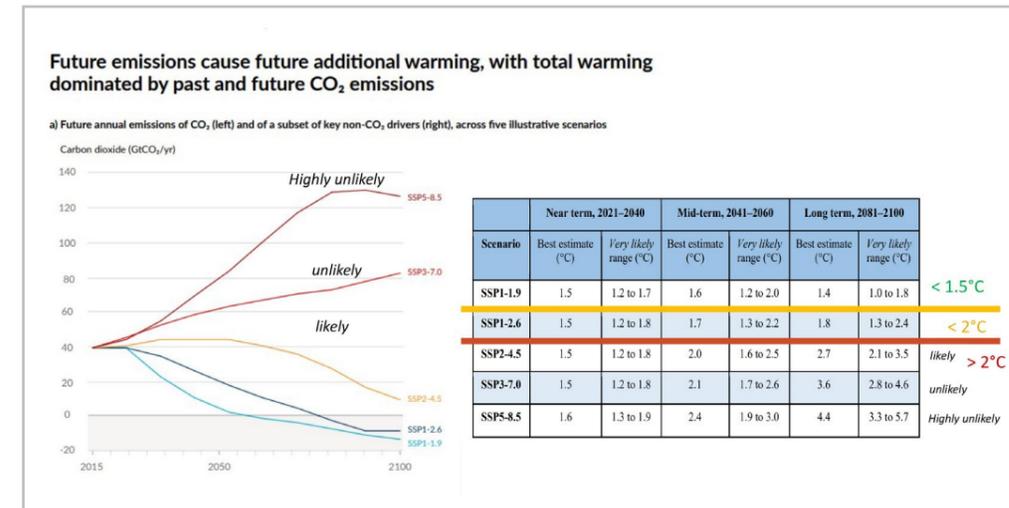


Figura 1: Globale Szenarien zur Entwicklung von Emissionen (links) und Temperaturen (IPCC, 2021)

Der im August 2021 erschienene neue 1. Band des IPCC Reports²⁶ belegt zum ersten Mal, dass in vielen Teilen der Welt Hitzeextreme, Starkregenereignisse und Dürren bereits signifikant zugenommen haben. Weitere Kernaussagen dieses Berichtes sind die weiter gestiegenen Temperaturen: weltweit um 1,1°C, in Mitteleuropa um fast 2°C und im Alpenraum über 2°C. Der Bericht projiziert bis zum Jahr 2100 einen Temperaturanstieg für das eher optimistische Szenario SSP2-4.5 um 2,7°C [2,1°C – 3,5°C] und für das Worst-Case-Szenario SSP5-8.5 um 4,4°C [3,3°C – 5,7°C]. Beide Szenarien würden weit über dem Pariser Klimaziel von 1,5°C bzw. 2°C liegen. Beide Szenarien würden ein hohes Risiko für beschleunigte und irreversible Klimaänderungen mit (Aktivierung von Kippunkten^{27,28}) nach sich ziehen, mit entsprechenden katastrophalen, nicht beherrschbaren Folgen für Mensch und Umwelt. Auch die ökonomischen Schäden wären beträchtlich. Für Europa wird bei einer Erwärmung von 3°C bei einer konservativen Schätzung mit Schäden in Höhe von jährlich 175 Mrd. € gerechnet²⁹, die sich bei der Einhaltung des 1,5°C-Zieles auf immer noch beträchtliche 45 Mrd. € / Jahr beschränken ließen.

²⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094719301720>

²¹ <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015JD024634>

²² <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>

²³ <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/NW-US-extreme-heat-2021-scientific-report-WWA.pdf>

²⁴ <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/products/etc-cca-reports/climate-related-hazard-indices-for-europe>

²⁵ <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1>

²⁶ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>

²⁷ <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0#ref-CR3>

²⁸ <https://www.pnas.org/content/112/43/E5777>

²⁹ <https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-iv/economic-impacts>

2.

Klima und Energie – Internationale Rahmenbedingungen und EU-Rahmen

Autoren:

Marc Zebisch (Institut für Erdbeobachtung)

Mariachiara Alberton (Institut für Vergleichende Föderalismusforschung)

2.1. INTERNATIONALE RAHMENBEDINGUNGEN

Die internationalen Rahmenbedingungen für jede Form von Klimaschutz und Klimaanpassungspolitik gehen aus dem völkerrechtsverbindlichen **Pariser Klimavertrag**³⁰ von 2015 hervor. Im Kern baut er auf drei Säulen auf (Artikel 2), um die mit dem Klimawandel verbundenen Auswirkungen und Risiken für die Menschheit zu minimieren:

- Maßnahmen zu treffen um die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, wenn möglich unter 1,5 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu beschränken, (1,1 °C haben wir schon)
- Maßnahmen zur Anpassung und zur Klimaresilienz zu treffen
- Maßnahmen zur Finanzierung von Klimaschutz und Klimaanpassung in Entwicklungsländern in Höhe von 100 Mrd \$ pro Jahr zu treffen.

Da im Rahmen der Pariser Klimaverhandlungen die Notwendigkeit und die Erreichbarkeit des 1,5 °C-Ziels noch strittig war, wurde der IPCC beauftragt einen eigenen Bericht dazu zu erstellen, der IPCC 1,5 °C Bericht³¹. Dieser belegt wie wichtig das 1,5 °C-Ziel im Vergleich zum 2 °C-Ziel ist (z. B. 10 Millionen Menschen weniger vom Meeresspiegelanstieg betroffen, 50 % weniger Menschen von Wasserknappheit betroffen) und der berechnet, wie dieses Ziel erreicht werden kann (durch Klimaneutralität bis 2050, siehe Abb. 2). Auf der COP26 (Oktober 2021) in Glasgow präsentierten zum ersten Mal die Staaten ihre Nationalen Emissionsreduktionsziele (Nationally Determined Contributions – NDCs)³² nach Artikel 4 des Pariser Klimavertrags. Nach Berechnungen von UNFCCC³³ würden sich, wenn alle diese Reduktionsziele eingehalten werden, die globalen Emissionen bis 2030 im Vergleich zu 2010 um weitere 13,7 % erhöhen was eine Entwicklung Richtung 2,5 °C Erwärmung bis 2100 zur Folge hätte. Diese Berechnungen zeigen, dass wir uns global mit den bisherigen NDCs noch weit vom 1,5 °C-Ziel entfernt bewegen. In ihrer Abschlusserklärung³⁴ bestätigten die Staaten entsprechend ihrer Absicht, das 1,5 °C-Ziel einzuhalten und legten als Ziel eine Emissionsminderung bis 2030 um 45 % gegenüber 2010 sowie die Erreichung von Klimaneutralität bis Mitte des Jahrhunderts fest³⁵. Die NDC müssten nun in Folge dieses Beschlusses entsprechend nachgearbeitet werden.

³⁰ https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

³¹ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

³² <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs>

³³ <https://unfccc.int/news/cop26-update-to-the-ndc-synthesis-report>

³⁴ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_L16_adv.pdf

³⁵ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%20decision.pdf

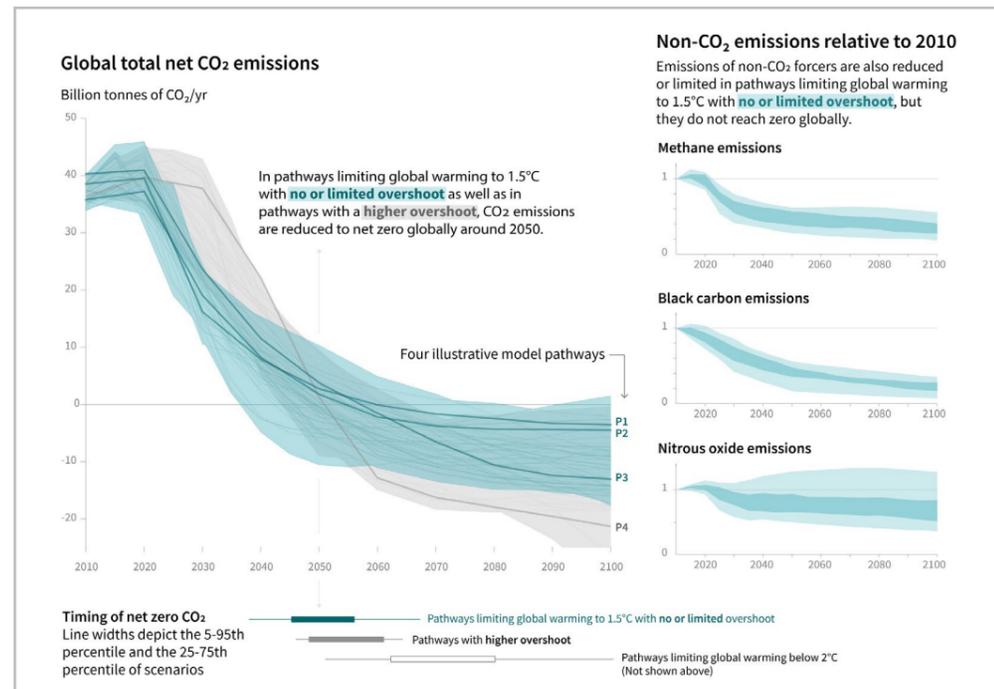


Abb. 2. Reduktionspfade für CO₂ (links) und andere Treibhausgase (rechts) um das 1,5 °C-Ziel zu erreichen. Für CO₂ ist in allen Fällen eine sofortige und drastische Reduktion, sowie eine Netto-Null Emission bis 2050 notwendig. Quelle: IPCC 1,5 °C Bericht <https://www.ipcc.ch/sr15/>

2.2. EU-RAHMEN

Der energie- und klimapolitische Rahmen der Europäischen Union für den Zeitraum 2021-2030 und langfristig bis 2050 befindet sich in konstanter Weiterentwicklung.

Mit der Mitteilung „Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030“ (COM 2014/015 finale) und dem Gesetzespaket „Saubere Energie für alle Europäer“ hat die EU erstmals ihre Energie- und Klimaziele für den Zeitraum von 2021 bis 2030 festgelegt. Darunter:

- Die Minderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % gegenüber 1990 – anschließend aktualisiert auf mindestens 55 % gegenüber 1990 (infra auf der Grundlage von drei Dokumenten: der EU-Richtlinie über das „Emissionshandelssystem“ (ETS) für den Treibhausgasemissionshandel (Richtl. 2018/410 zur Änderung der Richtl. 2003/87); der EU-„Lastenteilungsverordnung“ (ES) zur Minderung der Emissionen jedes EU-Mitgliedstaats in den nicht

unter das Emissionshandelssystem fallenden Sektoren (Verordnung 2018/842 zur Änderung der Verordnung 525/2013 und Entscheidung 406/2009) und der EU-Verordnung „Land Use, Land Use Change and Forestry“ (LULUCF) über Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Verordnung 2018/841 zur Änderung der Verordnung 525/2013 und der Entscheidung 529/2013).

- Das Ziel, durch Umsetzung der EU-Richtlinie 2018/2001 (RED II verbindlich mindestens **32 % des Energieverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken**). Für den Transportsektor gilt eine Zielvorgabe von 14 %.
- Das Ziel, mindestens **32,5 % Energieeffizienzverbesserung** durch Umsetzung der EU-Richtlinie 2018/2002 zu erzielen.

Die Europäische Kommission veröffentlichte daraufhin den **Europäischen Grünen Deal** (COM 2019 640 final), um die **EU bis 2050 in eine emissionsfreie, wettbewerbsfähige Wirtschaft** umzuwandeln. Diese Richtung wurde mit dem „Europäischen Klimagesetz“ (**Verordnung 2021/1119**) eingeschlagen. Es machte das **im Green Deal vorgesehene politische Ziel der Klimaneutralität bis 2050** und die EU-Zielvorgabe einer **Senkung der Nettotreibhausgasemissionen innerhalb der Union von mindestens 55 %** im Vergleich zu 1990 für 2030 verbindlich – ein neues und ehrgeizigeres Ziel, das eine neuerliche Überarbeitung der einschlägigen europäischen Rechtsvorschriften erfordert. Im Juli 2021 verabschiedete die Europäische Kommission daher das **Paket „Fit für 55 %“** (Fit for 55, COM(2021) 550 final). Damit schlägt sie vor, die EU-Gesetzgebung zu Klima und Energie – darunter das Emissionshandelssystem, die Lastenteilungsverordnung, die Energieeffizienzrichtlinie, die Richtlinie zur Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, die Transport- und Landnutzungsgesetze – zu überarbeiten und neue Instrumente einzuführen, z. B. ein CO₂-Grenzausgleichssystem. Die wichtigsten, **derzeit geltenden und im Rahmen des Pakets „Fit für 55 %“ zu überarbeitenden EU-Ziele für 2030 sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:**

EU-ZIELE FÜR 2030 (DERZEIT IN KRAFT)	EU-ZIELE FÜR 2030 (IM PAKET „FIT FÜR 55 %“ ENTHALTEN)
Minderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % (im Vergleich zu 1990): EU-Klimagesetz	Minderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % (im Vergleich zu 1990): EU-Klimagesetz
Mindestens 32 % des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen : Richtl. 2018/2001 RED II	Mindestens 40 % des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen : COM (2021) 557 finale
Senkung des Primärenergiebedarfs um 32,5 % : Richtl. 2018/2002	Senkung des Primärenergiebedarfs um mindestens 36 % – 39 % : COM (2021) 558 finale (Neufassung)

Um das Erreichen der Energie- und Klimaziele der EU zu gewährleisten und im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzübereinkommen, fasst die **Verordnung über das Governance-System** für die Energieunion (Verordnung 2018/1999, ergänzt durch Verordnung 2020/1044) die **Planungs- und Berichterstattungsvorschriften in den Bereichen Energie und Klimaschutz** für die Mitgliedsländer in folgenden Dokumenten zusammen: **Langfristige Strategien zur Emissionsminderung** mit einer **50-Jahres-Perspektive**, **Integrierte Nationale Energie- und Klimapläne (INEKPs)** für Zehnjahres-

zeiträume ab dem Jahrzehnt 2021-2030, **zweijährliche nationale Sachstandsberichte** über die Umsetzung der Pläne ab 2021.

Die EU-Initiative zur Anpassung an den Klimawandel konkretisierte sich wie folgt: 1) in der Verabschiedung einer **ersten Strategie zur Anpassung an den Klimawandel im Jahr 2013** (COM (2013) 0216 final), auf die nach einer Revisionsphase die Veröffentlichung der **neuen EU-Strategie** „Ein klimaresilientes Europa aufbauen - die neue EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel“ **im Jahr 2021** folgte (COM (2021) 82 final); 2) in der Schaffung einer europäischen Plattform zum Wissensaustausch über die Anpassung (**Climate-ADAPT**: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about>); und schließlich 3) in der Förderung der Initiative „Mayors Adapt“ durch die Europäische Kommission im Jahr 2014, die später in den Konvent der Bürgermeister für Klima und Energie (<https://www.konventderbuergermeister.eu/>) einfluss, um unter anderem durch die Finanzierung und den Austausch bewährter Verfahren lokale Verwaltungen zu unterstützen, die sich freiwillig dafür engagieren, die Klima- und Energieziele der EU zu erreichen und sogar zu übertreffen.

Parallel zu diesen legislativen und politischen Initiativen wurden spezielle Mechanismen^[17] zur Finanzierung des Europäischen Grünen Deals eingerichtet, darunter der **Fonds für einen gerechten Übergang** (Verordnung 2021/1056). Er richtet sich an Regionen und Sektoren, die aufgrund ihrer Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen oder treibhausgasintensiven Industrieprozessen von den Auswirkungen des Übergangs besonders stark betroffen sind. Zudem sind 30 % der Haushaltsmittel des mehrjährigen Finanzrahmens der EU **2021-2027** und des zur Bewältigung der durch die Pandemiekrise verursachten wirtschaftlichen und sozialen Schäden aufgestellten EU-Konjunkturprogramms „**NextGenerationEU**“ zur Unterstützung von Klimaschutzmaßnahmen und für den ökologischen Übergang vorgesehen. Im Plan NextGenerationEU wird der **Resilienz- und Aufbaufonds** (*Resilience and Recovery Fund*) wegen seiner Bedeutung für den ökologischen Übergang erwähnt. Für Regionen und Städten bieten darüber hinaus **spezifische EU-Fonds und -Programme Finanzierungsmöglichkeiten** von Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung und zum ökologischen Übergang (siehe: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/funding-cities_it; https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/energy-transition-cities_it).

3.

Rechtliche und politische Rahmenbedingungen des italienischen Staates, der Regionen und der Autonomen Provinzen: Ein Überblick nach Zuständigkeitsbereichen

Autoren:

Mariachiara Alberton, Francesco Palermo
(Institut für Vergleichende Föderalismusforschung)

3.1. NATIONALE ENERGIE- UND KLIMARAHMENBEDINGUNGEN

Die **Energie-, Umwelt- und Klimapolitik** basiert auf einer **geteilten Zuständigkeit der EU und ihrer Mitgliedstaaten**. Das wurde in den **Artikeln 191-194** des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (**AEUV**) festgelegt und steht **im Einklang mit den internationalen Verpflichtungen der EU** und ihrer Mitgliedstaaten, insbesondere mit dem **Pariser Abkommen**.

Die für alle Mitgliedsstaaten und somit auch für Italien verbindlichen Zielvorgaben bis 2030, die im EU-Paket "Saubere Energie für alle Europäer" festgelegt sind, werden derzeit weiterentwickelt. Dies im Rahmen einer Überarbeitung aller einschlägigen Rechtsvorschriften (Paket „Fit für 55 %“), die die EU derzeit durchführt, um das neue Ziel einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55% bis 2030 und Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Dabei **steht es jedem Mitgliedstaat** unabhängig von seinem Beitrag zum EU-Ziel **frei**, für nationale politische Zwecke **ehrgeizigere Ziele** festzulegen. Im Rahmen dieser normativen und programmatischen Überarbeitung der Ziele in

Bezug auf Emissionsreduzierung, erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind die aktuellen Klima- und Energieziele sowie die Verpflichtungen Italiens hauptsächlich auf die folgenden verbindlichen und programmatischen Rechtsakte zurückzuführen:

1. Rechtsakte

- **EU-Verordnung 2018/842**: direkt anwendbar; setzt eine verbindliche Treibhausgasemissionsreduzierung für Italien bis 2030 auf -33 % gegenüber dem nationalen Wert von 2005 fest;
- **GvD 47/2021**: setzt die Richtlinie 2018/410/EU zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG um. Mit letzterer wurde in der EU ein Handelssystem für Treibhausgasemissionsanteile eingeführt, mit dem kosteneffizientere Emissionsreduzierungen unterstützt und kohlenstoffarme Investitionen gefördert werden sollen; ebenso kommt damit die Entscheidung (EU) 2015/1814 über die Einrichtung und die Anwendung einer Marktstabilisierungsreserve im Rahmen des EU-Systems für den Treibhausgasemissionshandel zur Anwendung;
- **GvD 199/2021** (Umsetzung der Richtlinie 2018/2001/EU über erneuerbare Energien), Art. 3: Mindestziel ist ein Anteil von 30 % an Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendverbrauch bis 2030. Italien beabsichtigt außerdem, das vorgenannte Prozentziel anzupassen, um den Vorgaben der EU-Verordnung 2021/1119 Rechnung zu tragen;
- **GvD 73/2020** (zur Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie 2018/2002/EU), Art. 3: Der nationale Mindestbeitrag zur Energieeffizienz bis 2030 entspricht einer Energieverbrauchsreduzierung in Höhe von 43 % an Primärenergie und von 39,7 % an Endenergie gegenüber dem PRIMES-Referenzszenario 2007;
- **GvD 48/2020** (zur Umsetzung der Richtlinie 2018/844 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden);
- **GD Nr. 111/2019** (sogenanntes „Klimadekret“): beinhaltet eine Reihe von Finanzierungen und Anreizen für nachhaltige Mobilität, Elektromobilität, Aufforstung im städtischen Raum und

Abfallvermeidung sowie die Streichung von Subventionen und Vergünstigungen, die negative Auswirkungen auf die Umwelt haben;

- **GD Nr. 63/2013 und GD Nr. 34/2020 (Art. 119)**: Einführung von Steuerabzügen und Anreizen für Energieeffizienzmaßnahmen;
- **GvD Nr. 187/2021** über die Förderung sauberer und energieeffizienter Fahrzeuge, G. Nr. 145/2018 (Absatz 1031) über Anreize für den Kauf von Elektro- oder Hybridfahrzeugen.

2. Politische Dokumente:

- **Langfristige Strategie zur Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2021** (Umsetzung der EU-Governance-Verordnung): Zeigt mögliche Wege zur „Klimaneutralität“ bis 2050 auf;
- **Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan 2030 (INEKP)** zur Umsetzung der Governance-Verordnung 2018/1999: Er definiert die Ziele für 2030 und die damit verbundenen, in fünf Bereiche unterteilten Maßnahmen: Dekarbonisierung (einschließlich erneuerbarer Energiequellen); Energieeffizienz; Energiesicherheit; Energiebinnenmarkt; Forschung, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit. Für jeden Maßnahmenbereich werden spezifische Ziele festgelegt sowie Referenzszenarien, sektorbezogene Zielpfade und Projektionen berechnet. Man beachte, dass das dargestellte Szenario und die darin enthaltenen Maßnahmen angesichts der ehrgeizigeren EU-Ziele nicht mehr relevant oder überholt sind und daher überarbeitet werden müssen;
- **neuer Nationaler Aufbau- und Resilienzplan 2021 (NARP)**: als Teil des Plans NextGenerationEU sieht er Reformen und Investitionen in sechs Bereichen vor: Digitalisierung, Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und Kultur; grüne Revolution und ökologischer Wandel; Infrastruktur für nachhaltige Mobilität; Bildung und Forschung; soziale Eingliederung und Gesundheit. Der Großteil an Mitteln, nämlich 37 % des NARP, erhält Bereich 2 „Grüne Revolution und ökologischer Wandel“. Dieser umfasst vier Aspekte: nachhaltige Landwirtschaft und Kreislaufwirtschaft, Energiewende und nachhaltige Mobilität (erhält die meisten Mittel), Energieeffizienz und Gebäudesanierung sowie Boden- und Gewässerschutz;
- **Plan für den ökologischen Wandel (PÖW)** (Regierungsakt Nr. 297 vom 02.08.2021, genehmigt im März 2022) Der PÖW sieht die Umsetzung mehrerer gemeinsamer Makroziele auf europäischer Ebene vor: Klimaneutralität, Schadstofffreiheit, Anpassung an den Klimawandel, Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme, Übergang zur Kreislaufwirtschaft und zur Bioökonomie. Der PÖW berücksichtigt auch die Ressourcen des Nationalen Aufbau- und Resilienzplans 2021, um die Ziele der langfristigen Strategie zur Minderung der Treibhausgasemissionen von Januar 2021 und des Integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan 2030 (INEKP) von 2019 zu aktualisieren, da diese angesichts der legislativen Überarbeitung des Pakets „Fit für 55 %“ und der neuen EU-Ziele nun überholt sind.

Die wichtigsten Ziele Italiens für 2030, die derzeit im INEKP enthalten sind und vom PÖW in Übereinstimmung mit dem NARP überarbeitet werden, sind in nachstehender Tabelle zusammenfassend dargestellt:

ZIELE FÜR 2030	(IM INEKP ZUSAMMEN-GEFASST)	(IM PÖW VORGESCHLAGEN UND IM EINKLANG MIT DEM NARP)
Treibhausgasemissionen		
THG-Minderung im Vergleich zu 2005	Unter das Emissions-handelssystem fallende Sektoren: -43 %; sonstige Sektoren: -33 %	-51 %
Erneuerbare Energie (EE)		
Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch	30 %	Mindestens 72 %
Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch im Transportsektor	22 %	
Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendverbrauch für Heizung und Kühlung	+1,3 % p. a. (indikativ)	
Energieeffizienz		
Senkung des Primärenergieverbrauchs im Vergleich zum PRIMES-Szenario 2007	-43 % (indikativ)	-45 %
Endverbrauchseinsparungen durch Verpflichtungsprogramme für Energieeffizienz	-0,8 % p. a. (mit Transportsektor)	

3.2. AUFTEILUNG DER KOMPETENZEN ZWISCHEN STAAT, REGIONEN UND AUTONOMEN PROVINZEN: ANMERKUNGEN

Die Reform von Titel V der Verfassung im Jahr 2001 regelte die Beziehungen zwischen Staat, Regionen und Gebietskörperschaften neu. Insbesondere der reformierte Artikel 117 der Verfassung sieht eine Aufteilung der Gesetzgebungsbefugnisse zwischen Staat und Regionen vor, die auf drei Kriterien beruht: der Ausschließlichkeit bestimmter steuerlicher Angelegenheiten in den Händen des Staates (Artikel 117 Absatz 2), dem Wettbewerb, verstanden als Festlegung von Grundprinzipien, die der staatlichen Gesetzgebung vorbehalten sind, und der regionalen Gesetzgebungsbefugnis für andere darin aufgelistete Bereiche (Artikel 117 Absatz 3) sowie der regionalen Gesetzgebungsbefugnis für Sachgebiete, die nicht ausdrücklich dem Staat vorbehalten sind (Artikel 117 Absatz 4). Den Abschluss dieser gesetzgeberischen Aufteilung bildet die Übertragung der Regelungsbefugnis auf den Staat in Bereichen der ausschließlichen Gesetzgebung, mit Ausnahme von Delegierungen an die Regionen, während sie in allen anderen Angelegenheiten bei den Regionen liegt. Die lokalen Körperschaften hingegen haben die Befugnis, die Organisation und die Abwicklung der ihnen übertragenen Aufgaben zu regeln. In Artikel 118 der Verfassung wird das bisher geltende Kriterium der Parallelität aufgegeben und die Verwaltungsaufgaben der

jeweils nächsten Verwaltungsebene des Gebiets, d. h. den Gemeinden, zugewiesen, sofern sie nicht zur Gewährleistung ihrer einheitlichen Ausübung auf der Grundlage der Grundsätze der Subsidiarität, der Differenzierung und der Angemessenheit höheren Verwaltungsebenen (Provinzen, Großstädten, Regionen und Staat) übertragen werden.

Zu den Angelegenheiten, die unter die ausschließliche Gesetzgebungsgewalt und Regelungskompetenz des Staates fallen, gehören u. a. die Beziehungen zur Europäischen Union, der Wettbewerbsschutz, der Schutz der wesentlichen Leistungen in Bezug auf bürgerliche und soziale Grundrechte sowie der Schutz der Umwelt und des Ökosystems. In Angelegenheiten, die ausschließlich der staatlichen Gesetzgebungsbefugnis zugewiesen sind, ist ein Eingreifen des regionalen Gesetzgebers ausgeschlossen.

Zwischen Staat und Regionen konkurrierende Gesetzgebung herrscht hingegen in folgenden Angelegenheiten: in der Aufwertung von [Kultur- und] Umweltgütern, beim Schutz der Gesundheit, im Zivilschutz, in der wissenschaftlichen und technologischen Forschung und bei der Innovationsförderung im produzierenden Gewerbe, in der territorialen Verwaltung, bei Häfen und Flughäfen, bei den großen Verkehrs- und Schifffahrtsnetze sowie bei der Produktion, dem Transport und der gesamtstaatlichen Verteilung von Energie. Im Rahmen der durch nationales Recht festgelegten Grundprinzipien zählen zu den wichtigsten Aufgaben der Regionen im Energiebereich beispielsweise die Formulierung regionaler energiepolitischer Ziele, die Ansiedlung und der Bau von Fernwärmanlagen sowie die Entwicklung und Nutzung endogener Ressourcen und erneuerbarer Energien.

Zu den (impliziten) regionalen Restkompetenzen gehören beispielsweise Landwirtschaft, Jagd, Fischerei, Wälder, Bergbau, Steinbrüche und Gruben sowie Torfstiche, Mineral- und Thermalwasser, Industrie, Tourismus, regionale und lokale Produktion, Transport und Energieverteilung.

3.3. BESONDERHEITEN DER KOMPETENZEN DER AUTONOMEN PROVINZ BOZEN: HANDLUNGSSPIELRAUM FÜR DIE ENERGIEWENDE

Auch nach der Verfassungsreform ist die Ausübung der Gesetzgebungs- und Verwaltungsbefugnisse der Autonomen Provinz Bozen weiterhin durch das **Autonomiestatut** geregelt. Dieses ist jedoch im Lichte der so genannten „**Meistbegünstigungsklausel**“ zu lesen (Art. 10, I. Verf. Nr. 3/2001), wonach „die Bestimmungen dieses Verfassungsgesetzes auch in den Regionen mit Sonderstatut und in den Autonomen Provinzen Trient und Bozen Anwendung finden, und zwar für die Teile, in denen Formen der Autonomie vorgesehen sind, welche über die bereits zuerkannten hinausgehen“. Die Anwendung der Klausel hat **für die Autonomie zwei Erweiterungsmöglichkeiten zur Folge**:

- Abgesehen von der Auflistung der Angelegenheiten, die nach dem Autonomiestatut in die Gesetzgebungskompetenz der Autonomen Provinz Bozen fallen, erstreckt sich die konkurrierende und residuale Zuständigkeit, die nach Artikel 117 der Verfassung den Regionen mit Normalstatut zukommt, auch auf die Autonome Provinz. Dies gibt der Autonomen Provinz die Möglichkeit, **die Liste der durch das Statut zugewiesenen Sachgebiete zu erweitern**;

- In Bezug auf die im Autonomiestatut aufgelisteten Angelegenheiten gilt der Grundsatz der günstigeren Regelung zwischen der des Statuts und der des Artikels 117 Absätze 3 und 4 der Verfassung. Mit anderen Worten: Ist eine Angelegenheit beispielsweise für das Statut konkurrierend und für die Regionen mit Normalstatut residual, gilt die **vorteilhaftere Regelung der residualen (ausschließlichen) Befugnis der Regionen, einschließlich der Grenzen, denen die Ausübung dieser Befugnis unterliegt** (Bindungen aus der Verfassung, der Gemeinschaftsordnung und den Verpflichtungen internationaler Natur, vgl. Verfassungsgerichtshof Nr. 274/2003).

Trotz der innovativen Tragweite der Meistbegünstigungsklausel hat die Autonome Provinz Bozen deren Potenzial bisher nicht ausgeschöpft. Für die Ausübung der Autonomie **besteht folglich ein größerer Spielraum, als er bisher genutzt wurde.**

Gemäß dem Autonomiestatut (Art. 8) hat die Autonome Provinz Bozen die ausschließliche (primäre) Gesetzgebungsbefugnis u. a., soweit es hier von Interesse ist, in den Sachgebieten: Stadtplanung und Regulierungspläne, Landschaftsschutz, Gemeinnutzungsrechte, öffentlich gefördertes Bauwesen, Maßnahmen zur Katastrophenvorbeugung und -soforthilfe, Bergbau einschließlich der Mineral- und Thermalwässer, Steinbrüche und Gruben sowie Torfstiche, Jagd und Fischerei, Almwirtschaft sowie Pflanzen- und Tierschutzparks, Straßenwesen, Wasserleitungen und öffentliche Bauten im Interessenbereich der Provinz, Kommunikations- und Transportwesen im Interessenbereich der Provinz, Übernahme öffentlicher Dienste in Eigenverwaltung und deren Wahrnehmung durch Sonderbetriebe, Landwirtschaft, Forstbestand, Vieh- und Fischbestände, Wasserbauten, Schulbau.

Gemäß Artikel 9 des Statuts hat sie eine konkurrierende (sekundäre) Gesetzgebungsbefugnis innerhalb der Grenzen der durch die Staatsgesetze festgelegten Grundsätze, unter anderem in folgenden Sachgebieten: Förderung der Industrieproduktion, Hygiene und Gesundheitswesen, Nutzung der öffentlichen Gewässer, mit Ausnahme der Großableitungen zur Erzeugung elektrischer Energie. Die Provinz hat jedoch die Befugnis (Art. 13 des Statuts), durch ein Landesgesetz die Modalitäten und die Verfahren für die Vergabe von Konzessionen für große Wasserableitungen zur Erzeugung elektrischer Energie zu regeln, wobei sie insbesondere die Verfahrensbestimmungen für die Durchführung der Vergabeverfahren, die Fristen für deren Ausschreibung, die Zulassungs- und Zuschlagskriterien sowie die finanziellen, organisatorischen und technischen Anforderungen an die Teilnehmer festlegt. Das Landesgesetz regelt zudem die Dauer der Konzessionen, die Kriterien zur Festlegung von Konzessionsgebühren für die Nutzung und Aufwertung des öffentlichen Wasserguts und der aus den Anlagen für große Wasserableitungen bestehenden Vermögenswerte. Außerdem regelt es die Parameter für die Entwicklung der Anlagen und die Modalitäten zur Bewertung der Auswirkungen auf Landschaftsbild und Umwelt, indem es die entsprechenden Ausgleichsmaßnahmen bestimmt. Die Provinz hat auch die Befugnis, alle kleineren Wasserableitungen und auch große Ableitungen, die nicht zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden, gesetzlich zu regeln.

Gemäß Artikel 16 des Statuts genießt die Provinz Verwaltungsautonomie in Angelegenheiten, in denen sie Gesetzgebungsbefugnis hat (einschließlich der Regelungsautonomie gemäß den Artikeln 53-54 des Statuts).

Die primären und sekundären Zuständigkeiten der Provinz bieten mehr Handlungsspielraum als in den letzten Jahren genutzt wurde um die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die Nutzung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz voran zu treiben.

Schließlich wurden infolge der Reformmaßnahmen die Steuerbefugnisse der Region Trentino-Südtirol und der Autonomen Provinzen Trient und Bozen mit Bezug auf folgende Steuern erweitert:

- auf **eigene Steuern**, die die Region und die Provinzen in ihren Zuständigkeitsbereichen nach den Grundsätzen des staatlichen Steuersystems festlegen können;
- auf **abgeleitete eigene Steuern** (durch staatliche Gesetze festgelegte Steuern, deren Einnahmen der Provinz zugerechnet werden, wie IRAP, IRPEF-Zuschlag und Landeszuschlag auf den Stromverbrauch), für die die Provinzen **die Steuersätze ändern und Befreiungen, Abzüge und Abschläge vorsehen können, sofern diese** die durch staatliche Gesetze festgelegten Höchstätze nicht überschreiten;
- auf **staatliche Steuern** (IRPEF, IRES), für die – **wenn der Staat** die Befugnis zur Änderung der Sätze vorsieht – die Provinzen die gleichen Befugnisse besitzen wie für die abgeleiteten eigenen Steuern ;
- auf **lokale Steuern** (Abgaben, die in den Zuständigkeitsbereich der lokalen Körperschaften fallen), die von den Autonomen Provinzen für Angelegenheiten, die in ihren Zuständigkeit fallen, festgelegt werden können. Bei lokalen Steuern, die durch staatliches Recht festgelegt sind, kann das Landesgesetz den lokalen Körperschaften erlauben, die Steuersätze zu ändern und innerhalb der durch staatliches Recht festgelegten Grenzen Erleichterungen, Befreiungen und Abzüge zu gewähren.

Die oben genannten Gesetzgebungs- und Verwaltungsbefugnisse bieten die Möglichkeit, höhere Ziele zur Treibhausgasemissionsminderung, zu Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien zu setzen und gleichzeitig die gebietlichen Besonderheiten stärker aufzuwerten. Insbesondere könnte die Autonome Provinz Bozen folgende Maßnahmen ergreifen:

- **Ziele im Einklang mit einer** sogar noch vor 2050 zu erreichenden **Klimaneutralität und ehrgeizigere Maßnahmen in programmatischen** und strategischen Dokumenten oder Leitlinien (z. B. ehrgeizigere Maßnahmen und Ziele im Klimaplan);
- **sektorale gesetzgeberische und regulatorische Eingriffe**, die diese programmatischen Ziele in den verschiedenen Sektoren und Sachgebieten im primären und sekundären Zuständigkeitsbereich der Autonomen Provinz Bozen verbindlich machen;
- **steuerliche Maßnahmen (Besteuerung und Steuerbefreiungen) und Anreizsysteme (Beiträge und Anreize)**, die mit den politischen Zielen und den sektoralen gesetzgeberischen Maßnahmen koordiniert werden, um die ehrgeizigeren Maßnahmen für die Energiewende und den ökologischen Wandel auch durch die Einführung geeigneter steuerlicher Instrumente und Anreize zu unterstützen.

4.

Zentrale Begriffe, Ziele und Konzepte für Klimastrategien und -pläne

Autor:
Marc Zebisch (Institut für Erdbeobachtung)

Auch wenn wissenschaftlich und politisch über die Ziele Klimaschutz und Klimaneutralität große Einigkeit herrscht, besteht doch großer Klärungsbedarf über Kernkonzepte und -begriffe. Schnell werden Regionen, Sektoren, Produkte oder Dienstleistungen (inkl. Flugreisen) als „klimaneutral“ bezeichnet, meist ohne saubere wissenschaftliche Grundlage. Oft wird Klimaneutralität nur über eine finanzielle Kompensation von Emissionen erreicht. Im Folgenden werden Kernkonzepte zum Thema Klimaneutralität und ihre Bedeutung für eine Klimaschutzstrategie erläutert.

4.1. KLIMANEUTRALITÄT

Klimaneutralität bzw. Treibhausgas (THG)-Neutralität einer Region, eines Sektors oder einer Aktivität ist erreicht, wenn die Summe der anthropogenen THG-Emissionen gleich oder geringer der Summe der anrechenbaren, *anthropogen geschaffenen THG-Senken* ist (IPCC AR6 Glossary, 2022)³⁶.

Entsprechend gilt auch für die Berechnung der Bilanz von anthropogenen Emissionen zum Zeitpunkt X: Von den in die Atmosphäre entlassenen Emissionen dürfen nur *anrechenbare, durch Maßnahmen geschaffene THG-Senken* abgezogen werden.

Anthropogene THG-Emissionen dürfen also nicht einfach gegen natürliche THG-Senken in einem Gebiet gegengerechnet werden. Das hat verschiedene Gründe. Zunächst geht es um die Klimaneutralität menschlicher Aktivitäten. Diese sind nur dann klimaneutral, wenn auch die potenziellen Senken durch menschliche Aktivitäten (z.B. Aufforstung, kohlenstoffaufbauende Praktiken in der Landwirtschaft, technische Maßnahmen zu Reduktion von Treibhausgasen in der Atmosphäre) hervorgerufen werden.

Zudem weisen natürliche Senken (von denen die größten die Meere und Ozeane sind) die Eigenschaft auf, gespeicherte Emissionen auch wieder freisetzen zu können. So entweicht aus den Meeren als Folge der Erwärmung verstärkt gelöstes CO₂, das wiederum zur Erderwärmung beiträgt. Auch Wälder werden als Folge von Erwärmung, Trockenheit und starker Nutzung zunehmend von THG-Senken zu THG-Quellen.

Das Prinzip, natürliche Senken nicht als Ausgleich für anthropogene Emissionen anzuerkennen, widerspiegeln auch die neuen Regelungen der EU-Kommission zur Anrechenbarkeit von Wäldern als Senke in der Verordnung für den Landnutzungssektor (LULUCF-Verordnung)³⁷. War es zur Zeit des Kyoto-Protokolls unter bestimmten Bedingungen noch möglich, Wälder als natürliche Senken anzurechnen, so gelten nun seit 2021 folgende Regeln für die Periode 2022-2025:

³⁶ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Annex_VII.pdf

³⁷ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_de

- *Anrechenbare* Emissionen von gemanagten Wäldern werden als Abweichung von sog. National Forest Reference Levels (FRL = erwartete Emissionen für Jahr X) gerechnet, nicht als Netto-Emissionen (wie für die UNFCCC-Berichterstattung).
- Als Folge können anrechenbare Senken nur durch zusätzliche Maßnahmen erzielt werden.
- Verringert sich der Senkencharakter (z.B. durch Holzentnahmen für Energieerzeugung), gilt die Abweichung für diese Periode als THG-Quelle, selbst wenn der Wald weiterhin eine Netto-Senke bleibt.
- Anrechenbare negative Emissionen aus dem LULUCF-Bereich können nur in sehr beschränktem Umfang gegen Emissionen aus anderen Sektoren angerechnet werden.

Schlussfolgerung für eine Klimaschutzstrategie Südtirol

Auch für die Südtiroler Klimaziele sollten die *aktuell* negativen Netto-Emissionen der Wälder nicht als Senke für zukünftige Emissionen eingeplant werden.

Ziel für Südtirol sollte sein, die Emissionen, die bei der Verwendung fossiler Energien entstehen, auf null zu senken. Verbleibende Emissionen aus dem Bereich Landwirtschaft sollten ausgeglichen werden, indem man geeignete Maßnahmen trifft, um den Senkencharakter der Wälder zu verstärken.

4.2. KOMPENSATION

Die Grundidee der Kompensation ist, dass schwer zu reduzierende Emissionen einer Aktivität oder einer Region durch Finanzierung von Klimaschutzprojekten in anderen Sektoren oder Regionen ausgeglichen werden können. Das Konzept ist stark umstritten, wir können die Diskussion hier aber nicht tiefergehend behandeln. Wir beschränken uns darauf, die Regelungen darzulegen, die auf verschiedenen Ebenen gelten bzw. diskutiert werden.

Internationale Ebene vor 2020

Bis 2020 war das sogenannte carbon offsetting Teil des Kyoto Protokolls. Nach dem Clean Development Mechanism (CDM) konnten Länder ihre Emissionen „kompensieren“, indem sie in anderen Ländern Klimaschutzmaßnahmen finanzierten. Allerdings wurde der CDM stark kritisiert. Laut einer Studie im Auftrag der EU³⁸ waren 85% der finanzierten Projekte unwirksam, weil nicht „zusätzlich“ – das heißt, sie wären ohnehin durchgeführt worden.

³⁸ https://ec.europa.eu/clima/system/files/2017-04/clean_dev_mechanism_en.pdf

Internationale Ebene unter Pariser Klimavertrag

Der Artikel 6 des Pariser Klimavertrags von 2015 sieht carbon offsetting zwar prinzipiell vor, aber aktuell ist keine Regelung in Kraft. In den Verhandlungen zu Artikel 6 während der COP26 in Glasgow wurden als wichtigste Prinzipien die „Zusätzlichkeit“ von Maßnahmen und das Verbot von „Doppelberechnung“ bestätigt. Als Kompensation anerkannt werden demnach prinzipiell nur Maßnahmen, die nicht ohnehin durchgeführt worden wären, und anrechnen darf sie sich nur das kompensierende, also die Maßnahmen finanzierende Land. Würde zum Beispiel Südtirol in einen Windpark in der Türkei investieren, könnte sich die Provinz die dadurch erzielte Einsparung der Emissionen anrechnen; die Türkei dagegen dürfte den Windpark nicht für die Erreichung ihrer Emissionsziele berechnen. Durch diese Regelung wird die Annahme von Kompensationszahlungen für die „Empfängerländer“ unattraktiv, da sie nicht zu Erreichung ihrer NDCs beitragen.

Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern zu fördern ist wichtig, aber dieses Ziel wird im Pariser Klimavertrag über die dritte Säule abgedeckt, die nichts mit Kompensation zu tun hat (siehe 2.1). Diese Säule fordert eine Finanzierung von Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung in Entwicklungsländern in einer Höhe von mindestens 100 Mrd.\$ pro Jahr (über den sogenannten Green Climate Fond).

Das entschiedenste Argument gegen das Prinzip der Kompensation ist allerdings, dass dadurch zwar eine Reduktion von THG-Emissionen, niemals aber globale Klimaneutralität erreicht werden kann, da ja die Emissionen, die kompensiert werden, weiterhin stattfinden.

Europäische Ebene

Auf europäischer Ebene können für bestimmte Sektoren über den Europäischen Emissionshandel (ETS) Emissionsrechte erworben und verkauft werden. Im Gegensatz zur Kompensation wird hier aber die Gesamtmenge zentral geregelt und nach und nach reduziert, so dass eine Reduktion der Gesamtemissionen gesichert ist.

Regionale Ebene

Bisher haben wir keine regionalen Klimapläne gefunden, die mit Kompensation arbeiten. Die Schaffung von regionalen Senken, etwa durch Moorschutz, wird z.T. berücksichtigt.

Betriebe, Institutionen ...

Hier gibt es verschiedenste und weitgehend unregulierte, inkonsistente Initiativen und Standards. Der hochwertigste Standard sind aktuell die sogenannten Science-based Targets³⁹. Diese fordern eine *echte* Reduktion der Emissionen entlang der für Zeitpunkt X laut Paris notwendigen Emissionspfade (z.B. bis 2030 -55% gegenüber 1990). Eine zusätzliche „Neutralisierung“ (durch Finanzierung von Projekten) ist dagegen nur für *zusätzliche* Reduktionen vorgesehen, um früher als 2050 klimaneutral zu werden bzw. für die letzten wenigen Prozente Reduktion um volle Klimaneutralität zu erreichen.

Auch für nicht-staatliche Kompensationen soll in Zukunft gelten: Maßnahmen, die in einem Land X durch Kompensation von privaten Unternehmen durchgeführt wurden, darf Land X sich nicht für seine NDCs anrechnen. Dadurch wird der Mechanismus der Kompensation wiederum unattraktiver.

4.3. EMPFEHLUNGEN FÜR EINE KLIMA STRATEGIE DER AUTONOMEN PROVINZ BOZEN

Aus den vorherigen Kapiteln haben wir einige Schlussfolgerungen und Empfehlungen für eine wirksame Klimastrategie der Autonomen Provinz Bozen abgeleitet.

Ziel: Klimaneutralität bis 2045 mit m Zwischenziel 2030

In Übereinstimmung mit der Forderung des EU-Klimagesetzes, Klimaneutralität bis spätestens 2050 zu erzielen, und angesichts der Tatsache, dass die globalen Emissionen seit 2015 (Pariser Klimavertrag) weiter gestiegen sind und somit Klimaneutralität schon vor 2050 erreicht werden muss, um das 1.5°C Ziel noch zu halten, empfehlen wir für Südtirol als Ziel, Klimaneutralität bis spätestens 2045 zu erreichen.

Dies entspräche auch den Zielen anderer EU-Länder, die wesentlich stärker von emissionsintensiver Stromerzeugung (z.B. Braunkohleverstromung) oder emissionsintensiven Industriezweigen (z.B. Zementindustrie, Stahlindustrie) abhängig sind (z.B. Klimaneutralität Deutschland: 2045, Österreich: 2040).

Als Zwischenziel für 2030 hat sich die EU -55% Emissionen gegenüber 1990 gesetzt. Dieses Ziel sollte auch für Südtirol gelten. Da für Südtirol allerdings keine Referenzdaten für das Jahr 1990 vorliegen, wäre das Mindestziel die auf der COP26 in Glasgow beschlossene Reduktion um mindestens 45% gegenüber 2010. Dieses Ziel wurde auch als Berechnungsgrundlage der Szenarien in

dieser Studie verwendet. Um Klimaneutralität bis 2045 zu erzielen, wäre eine Reduktion von 55% gegenüber 2010 eher empfehlenswert.

Echte Klimaneutralität

Südtirol sollte eine echte Klimaneutralität im Sinne der IPCC-Definition (siehe 4.1) anstreben. Das bedeutet:

- durch vollständige Abkehr von fossilen Brennstoffen im Energiebereich echte Null-Emissionen bis 2045 anstreben;
- alle Treibhausgase, auch die aus der Landwirtschaft, in die Berechnung einbeziehen;
- nicht mit Anrechnung von aktuell existierenden natürlichen Senken (Wälder) planen;
- nicht mit Kompensation durch Finanzierung von Projekten planen. Kompensation nur durch die Schaffung von echten, zusätzlichen und langfristigen Senken in der Region.

Weitere Empfehlungen

- Die an sich sehr wünschenswerte Finanzierung von Klimaschutz und Klimaanpassung in Entwicklungsländern sollte nicht als Emissionsminderung in Südtirol angerechnet werden (keine Kompensation).
- Für alle Sektoren sollten Sektorziele definiert werden, sowie konkrete Maßnahmen, um sie zu erreichen – das berechnete Reduktionspotenzial aller Maßnahmen muss in der Summe die angestrebte Emissionsreduktion ergeben.
- Für die Maßnahmen sollte ein Monitoring aufgebaut werden, das die Umsetzung und den Erfolg hinsichtlich der Reduktion von Emissionen überwacht, und das bei Abweichung von den Zielen entsprechende zusätzliche Maßnahmen vorsieht.
- Um die Umsetzung von Maßnahmen zu gewährleisten, sollten jeweils auch die Kosten abgeschätzt und entsprechende Budgets eingeplant werden. Außerdem sollten Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten sowie zeitliche Fristen für die Umsetzung klar festgelegt werden.
- Aus unserer Sicht hat das Land Südtirol auf Grund seiner Autonomie erhöhte Spielräume für eine wirksame Klimastrategie, nicht nur im Rahmen von technischen Maßnahmen, sondern auch im Bereich von Gesetzen und Regelungen (siehe vorheriges Kapitel). So wäre zu prüfen, ob sich das Land Südtirol ein eigenes Klimagesetz geben kann. Auch ein Klimacheck aller Maßnahmen nach österreichischem Vorbild sollte geprüft werden.

³⁹ <https://sciencebasedtargets.org/>

Bei der Ausarbeitung einer umfassenden Klimastrategie sollten außerdem alle unter Kapitel 1.1.2 „Was diese Studie nicht abdeckt“ erwähnten Themen berücksichtigt werden: graue Emissionen, Governance, gemeinsame Planung von Klimaschutz und Klimaanpassung, Anstreben einer tiefgreifenden sozialen und ökologischen Transformation.

5.

Derzeitige Emissionen und mögliche Minderungs- maßnahmen

Autoren:

Wolfram Sparber, Matteo Giacomo Prina,
Roberto Vaccaro, Giulia Chersoni
Roberto Lollini, Marco Castagna
Roberto Fedrizzi, Federico Trentin
David Moser
(Institut für Erneuerbare Energie)

5.1. AKTUELLE CO₂-EMISSIONEN AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN

Dieses Kapitel stellt die in der vorliegenden Studie verwendete Referenzdatenbank vor, erklärt die wichtigsten Unterschiede zu den Daten des Klimaplan – Update 2021 und stellt die Emissionssituation – Trends und Werte von 2019 – dar.

Referenzdatenbank

Die diesem Dokument zugrundeliegende Referenzdatenbank für Emissionen ist das Emissionsinventar INEMAR; es beruht auf der EMEP-CORINAIR-Methode⁴⁰ und wurde im Auftrag des Umweltamtes der Autonomen Provinz Bozen (Amt für Luft und Lärm) von der Firma CISMA, Trient⁴¹, erstellt, um den gesetzlichen Auflagen in diesem Sektor nachzukommen.

Nach dem gesetzvertretenden Dekret 155/2010 über die Luftqualität und späteren Änderungen (GvD 250/2012) muss das regionale/provinzielle Emissionsinventar alle drei Jahre erstellt werden. Von 2010⁴² bis heute wurden die Ausgaben 2010, 2013, 2015 und 2019 veröffentlicht. Die letzte Ausgabe mit Daten aus dem Jahr 2019 wurde im Juli 2021 veröffentlicht und ist die Grundlage für dieses Dokument. Als Grundlage für das 2018 von Eurac Research veröffentlichte Kapitel über Emissionen im „Klimabericht – Südtirol 2018“ diente hingegen die Ausgabe von 2013⁴³.

Diese Datenbank wurde gewählt, weil alle Sektoren sowie sämtliche Quellen der im Gebiet erzeugten Emissionen erfasst sind. Wie der Landesrat für Umwelt und Energie, Giuliano Vettorato, bei der Vorstellung des Inventars jedoch betonte, „handelt es sich dabei nicht um eine exakte Emissionsberechnung“⁴⁴. Die im Laufe der Jahre erarbeitete und konsolidierte Methodik und seine Vollständigkeit machen das Inventar trotzdem zu einem nützlichen Instrument für eine grundsätzliche Größenbewertung.

Das Inventar ist in elf Hauptkategorien gegliedert, darunter industrielle und nicht-industrielle Verbrennung, Straßenverkehr, nichtenergetische Emissionen in der Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft und Lösungsmittelverwendung.

Die Datenbank enthält das Emissionsinventar von Luftschadstoffen mit lokalen Auswirkungen (NO_x, SO_x, PM_x usw.) sowie von den drei wichtigsten Treibhausgasen, die für diese Studie von Interesse sind (CO₂, CH₄ und N₂O).

⁴⁰ Die ursprüngliche Bezeichnung EMEP-CORINAIR ist immer noch weit verbreitet, wurde aber offiziell durch EMEP/EEA ersetzt.

⁴¹ www.cisma.it

⁴² 2010 wurde auf der letzten COP26 in Glasgow 2021 als Referenzjahr für die Berechnung der Emissionsminderung festgelegt.

⁴³ <https://www.eurac.edu/en/institutes-centers/institute-for-alpine-environment/projects/klimareport>

⁴⁴ https://www.provincia.bz.it/news/it/rss.asp?news_action=4&news_article_id=660986 (konsultiert im Januar 2022)

Die Datenbank basiert auf einem gebietsbezogenen Ansatz, d. h. es werden nur Emissionen berücksichtigt, die direkt als Folge von Verbrennungs- oder anderen Schadstofffreisetzungprozessen in Südtirol entstehen. Daher werden weder die indirekten Emissionen aus dem Stromverbrauch noch die im Zusammenhang mit dem Verbrauch von Produkten entstehenden indirekten Emissionen berücksichtigt, also die so genannten „grauen Emissionen“. Die zur Quantifizierung der Emissionen angewandte Methodik verwendet nach unseren Informationen einen Mix aus punktuell erhobene Daten (Bottom-up-Ansatz) und Daten, die aus aggregierten Daten größerer Gebiete für Südtirol abgeleitet werden (Top-down-Ansatz).

Unterschiede zu den Daten des Klimaplan

Der Klimaplan zeigt die Emissionen für den Energiesektor nur im Format von Abb. 3. Die Gesamtemissionen sind nicht explizit angegeben. Aus dem Diagramm geht hervor, dass die Pro-Kopf-CO₂-Emissionen im Jahr 2019 auf etwa 4,3 Tonnen geschätzt werden können.

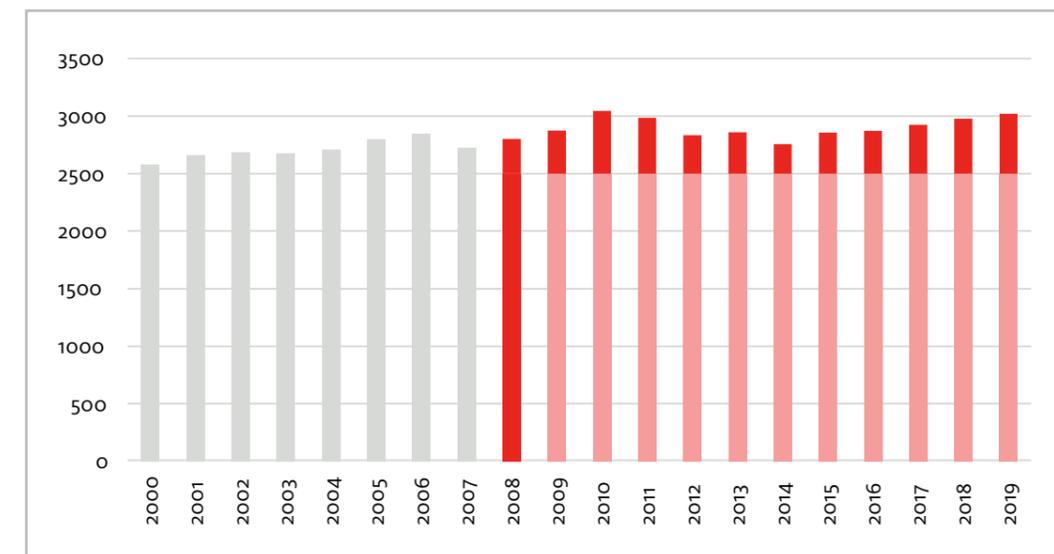


Abb. 3. CO₂-Emissionen pro Kopf, ausgedrückt in t CO₂ (Quelle: Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz – Klimaplan-Update 2021)

2019 lebten in Südtirol 533.439 Menschen (siehe Abb. 6 des Klimaplan-Dokuments) mit einer Gesamtemission von etwa 2.294 kt CO₂. Dieser Wert unterscheidet sich vom entsprechenden Wert in Abb. 4 (nur Emissionen des Energiesektors – d. h. nur fossile Energieträger), der sich auf das in dieser Arbeit verwendete Emissionsinventar bezieht und etwa 2.028 kt CO₂ beträgt.

Diese Differenz lässt sich auf folgende Gründe zurückführen:

1. Der Klimaplan verwendet Emissionsfaktoren, die den gesamten Lebenszyklus (*Life Cycle Assessment*, LCA) betreffen, während das Emissionsinventar Standard-IPCC-Emissionsfaktoren verwendet. Darüber hinaus drückt das Emissionsinventar die Mengen in CO₂-Äquivalenten aus, d. h. es rechnet den Beitrag von CH₄ und N₂O in CO₂-Äquivalentmengen um: Wie viel CO₂ müsste emittiert werden, um den gleichen Treibhauseffekt zu erzielen, den die beiden anderen Gase erzeugen?
2. Der Klimaplan berücksichtigt auch indirekte Emissionen durch Stromnutzung. Diese basieren auf einem geschätzten Verbrauch von importiertem Strom in Höhe von 10 % des Gesamtverbrauchs (anders als der in Südtirol dank der hohen Produktion aus Wasserkraft erzeugte Strom ist dieser importierte Strom nicht vollständig erneuerbar): „Der Stromimport von außerhalb der Provinz wurde auf 10 % des Gesamtverbrauchs festgelegt, um die zeitliche Abweichung zwischen Produktion und Stromnachfrage auszugleichen.“ Das Emissionsinventar hingegen berücksichtigt diese Art von Emissionen nicht – eben der auch für dieses Dokument gewählte Ansatz ⁴⁵;
3. Die Emissionen des Transportsektors werden in den beiden Dokumenten unterschiedlich berechnet. Nach dem Weltklimarat IPCC können die verkehrsbedingten Emissionen auch allein auf der Grundlage der verkauften Gesamtmenge an Benzin und Diesel berechnet werden. Dies ist im Prinzip auch die im Klimaplan angewandte Berechnungsmethode. Allerdings werden bei diesem Ansatz Phänomene wie Transitemissionen oder Tanktourismus nicht berücksichtigt (weil es billiger ist, wird auf einer Seite der Grenze getankt, gefahren aber wird auf der anderen Seite). Nach der Methode, die dem Emissionsinventar für den Straßenverkehr zugrunde liegt, wird dagegen nicht nur der verkaufte Kraftstoff bewertet, sondern zusätzlich eine Software (COPERT) verwendet, die die Verkehrsemissionen in einem bestimmten Gebiet anhand der Verkehrsströme schätzt. Diese Software wird auch deshalb verwendet, weil man Schadstoffemissionen wie N₂O ebenfalls quantifizieren muss. Diese entstehen bei Verbrennungsprozessen, werden aber von bestimmten Faktoren wie Geschwindigkeit, Fahrzeugtyp, Kaltstart usw. beeinflusst.

⁴⁵ Die Entscheidung, die auf den Stromverbrauch zurückzuführenden indirekten Emissionen nicht zu berücksichtigen (und somit die Emissionen aus dem Stromverbrauch als Null zu betrachten, d. h. von einer Gesamtproduktion aus erneuerbaren Quellen auszugehen), wird auch in der Beschreibung der wichtigsten Annahmen aufgegriffen, die der Quantifizierung der Emissionsminderungsmaßnahmen zugrunde liegen. Grundgedanke ist es, den Schwerpunkt auf die direkt im Gebiet erzeugten Emissionen zu legen. Diese Position ist angesichts der hohen Produktion aus Wasserkraft in Südtirol im Vergleich zur lokalen Nachfrage tragbar. Sie ändert nichts an der Tatsache, dass der künftige Anstieg des Stromverbrauchs infolge der Elektrifizierung des Heizwärmesektors (Verbreitung von Wärmepumpen) und der Transporte (elektrische Verkehrsmittel) eine größere Stromerzeugung mit erneuerbaren Energieträgern und die Förderung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung des Stromverbrauchs erforderlich machen wird.

Grundsätzlich beziehen sich aber beide Methoden zur Emissionsquantifizierung auf gemeinsame Datenbanken für den Energieverbrauch. Wie oben dargelegt, wurden allerdings auch einige Unterschiede festgestellt: neben den erwähnten beim Verkehr auch leichte Unterschiede bei den Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger in Fernheizwerken. Eine detaillierte Quantifizierung dieser Unterschiede würde jedoch den Rahmen dieses Dokuments sprengen. Zunächst wurden diese Mengen daher als vernachlässigbar und ohne Einfluss auf die Gültigkeit der angestellten Überlegungen angesehen. In Zukunft wäre jedoch ein eingehenderer Vergleich der Verbrauchsdatenquellen beider Datenbanken wünschenswert.

Emissionssituation von 2019 und aktuelle Trends

Das Diagramm in Abb. 4 zeigt den Emissionsverlauf von vier Makrokategorien: Heizwärmeenergie (de facto zur Gänze Heizung), Industrie, Transporte und schließlich Emissionen ohne Verbrennung fossiler Energieträger (Landwirtschaft, Abfallbehandlung und -beseitigung, industrielle Prozesse, usw.).

In Bezug auf die Daten im Diagramm ist Folgendes zu beachten:

1. Reine CO₂-Emissionen durch Verbrennung von Holz und Biomasse werden nicht berücksichtigt (sie werden als neutral betrachtet). Bei der Verbrennung entstehen jedoch Distickstoffoxid (N₂O) und Methan (CH₄). Diese Emissionen werden in Form von CO₂e berechnet und belaufen sich im Jahr 2019 für alle Verbrennungsprozesse mit Holz und Biomasse auf etwa 60 kt von insgesamt 2.611 kt. Entsprechend dem Grundansatz des Dokuments, die Emissionen aus fossilen Brennstoffen hervorzuheben, wird diese Menge an Emissionen, auch wenn sie Teil des Verbrennungs- und Heizprozesses ist, im Bereich „frei von fossilen Brennstoffen“ aufgeführt;
2. Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen können wie folgt unterteilt werden: in solche, die mit ihren erneuerbaren Komponenten zusammenhängen – Biomasse, Papier, Naturtextilien usw. –, bei deren Verbrennung Distickstoffoxid (N₂O) entsteht; sowie in solche, die mit der Verbrennung fossiler Komponenten (hauptsächlich Kunststoffe) zusammenhängen (CO₂ und andere Treibhausgase). Um diese Emissionen korrekt zu quantifizieren und zu differenzieren, wäre ein Zugang zu den Daten über die Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle erforderlich. In Anbetracht des geringen Anteils des Sektors an den Gesamtemissionen (18 kt CO₂e von 2.611 kt) wurde die Emissionen aus der Abfallverbrennung nicht näher unterschieden, sondern in ihrer Gesamtheit im Bereich „frei von fossilen Brennstoffen“ aufgeführt;
3. Die Emissionen aus Fernwärme wurden alle dem Sektor Wärmeenergie (Heizung) zugerechnet, obwohl ein begrenzter Teil auch aus dem Industriesektor stammt.

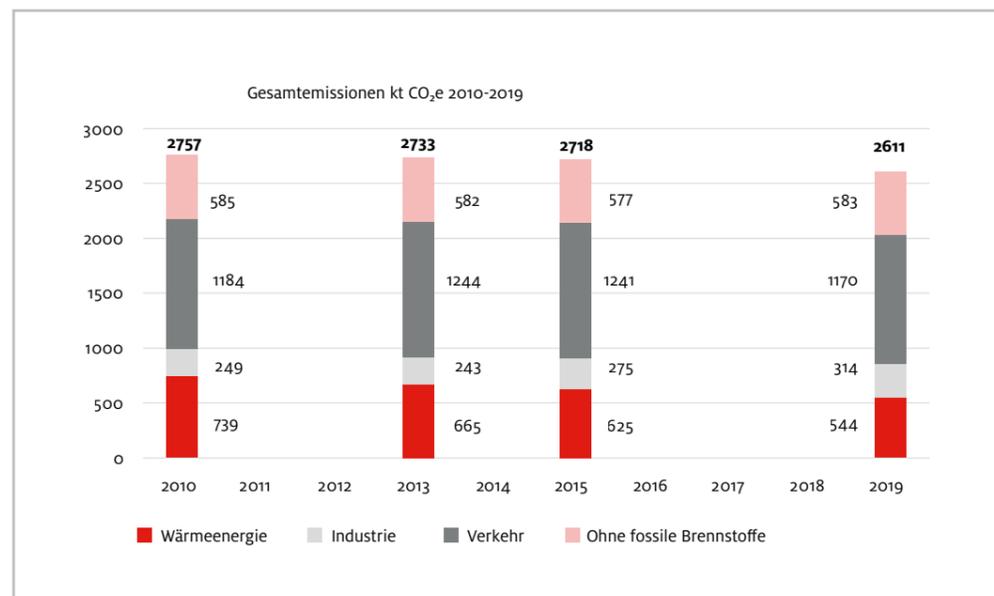


Abb. 4. Entwicklung der CO₂e Emissionen in den Jahren 2010 bis 2019. Berechnung von Eurac Research auf Grundlage des Emissionsinventars von INEMAR (Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz)

Aus der Grafik geht ein leichter Abwärtstrend hervor, der vor allem auf einen Rückgang der Emissionen im Heizungssektor zurückzuführen ist. Diese Zahl sollte jedoch mit Klimadaten verglichen werden, um festzustellen, wie unterschiedliche Witterungsbedingungen den jährlichen Verbrauch jeweils beeinflusst haben könnten.

Es ist jedoch erwähnenswert, dass dieser Rückgang der Emissionen im Heizungssektor von ca. 26 % (ohne Berücksichtigung der Witterungsbedingungen) mit einem Bevölkerungszuwachs von ca. 25.000 Menschen zwischen 2010 und 2019⁴⁶ und einer Zunahme der touristischen Übernachtungen um ca. 5 Millionen⁴⁷ im gleichen Zeitraum einherging. Das entspricht einem Durchschnitt von etwa 13.000 Übernachtungen pro Tag – also etwa 13.000 zusätzlichen „Einwohnern“; der tatsächliche Bevölkerungszuwachs und die Zunahme der Touristen entsprechen also insgesamt fast 40.000 Einwohnern mehr: ein Anstieg von beinahe 8 %.

⁴⁶ <https://astat.provinz.bz.it/de/bevoelkerung.asp>

⁴⁷ Historische Reihe zum Tourismus 1950-2019. ASTAT 2020

Zum besseren Verständnis der Grafik zeigen die folgenden Tabellen die Emissionszusammensetzung der Kategorien „ohne fossile Brennstoffe“ und „fossile Energieträger“. In der ersten Tabelle erfolgt die Aufschlüsselung auf Grundlage der verschiedenen Arten von Emissionsquellen, in der zweiten Tabelle hingegen sind die Werte nach Energieträgern aufgeschlüsselt.

KATEGORIE	KT CO ₂ e
Landwirtschaft	449,7
Holz und Biomasse	60,4
Abfallbehandlung und -entsorgung	55,8
Industrien (ohne Brennstoffe)	10,4
Sonstige	6,3
	582,6

Tabelle 1. Emissionen „ohne fossile Brennstoffe“ nach Hauptquellen

BRENNSTOFF	KT CO ₂ e
Diesel Verkehr	930,2
Methan	781,7
Benzin	210,2
Heizöl	46,8
Flüssiggas	46,2
Sonstige	13,1
	2.028,2

Tabelle 2. Emissionen aus fossilen Brennstoffen nach Hauptenergieträgern

Abb. 5 gibt den Inhalt der vorherigen Abbildung wieder, allerdings lediglich auf die Emissionen aus fossilen Energieträgern bezogen, die Gegenstand dieses Teils des Dokuments sind. Aus dieser Abbildung lassen sich einige wichtige Informationen zur Zusammensetzung und Entwicklung der Emissionen aus fossilen Energieträgern in Südtirol ableiten.

- Die Hauptquelle für Emissionen in Südtirol ist der Verkehr.
- Die verkehrsbedingten Emissionen blieben im Zeitraum zwischen 2010 und 2019 praktisch unverändert (sie sind um weniger als 2 % von 1.184 kt CO₂e auf 1.170 kt CO₂e gesunken)

- Die umfangreichen Investitionen im Mobilitätssektor und in die öffentliche Mobilität in diesem Zeitraum haben die Qualität verbessert und einen weiteren Anstieg der Emissionen vermieden, haben aber zu keiner wesentlichen Emissionsminderung geführt.
- Der zweite große Verursacher von Emissionen ist die Heizwärmeenergie (Heizung von Gebäuden, Warmwasserbereitung usw.).
- Dieser Sektor verzeichnete im Zeitraum 2010-2019 einen erheblichen Rückgang von über 26 % (von 739 kt CO₂e auf 544 kt CO₂e).
- An dritter Stelle steht die Industrie. Im Vergleich zu den beiden anderen Sektoren sind ihre Emissionen sehr viel niedriger (auch aufgrund einer geringeren Präsenz von Schwerindustrie in Südtirol), aber die Entwicklung in den letzten Jahren zeigt einen deutlichen Anstieg.
- Tatsächlich stiegen die CO₂e-Emissionen des Industriesektors von 2010 bis 2019 um mehr als 26 %, von 249 kt CO₂e auf 314 kt CO₂e.

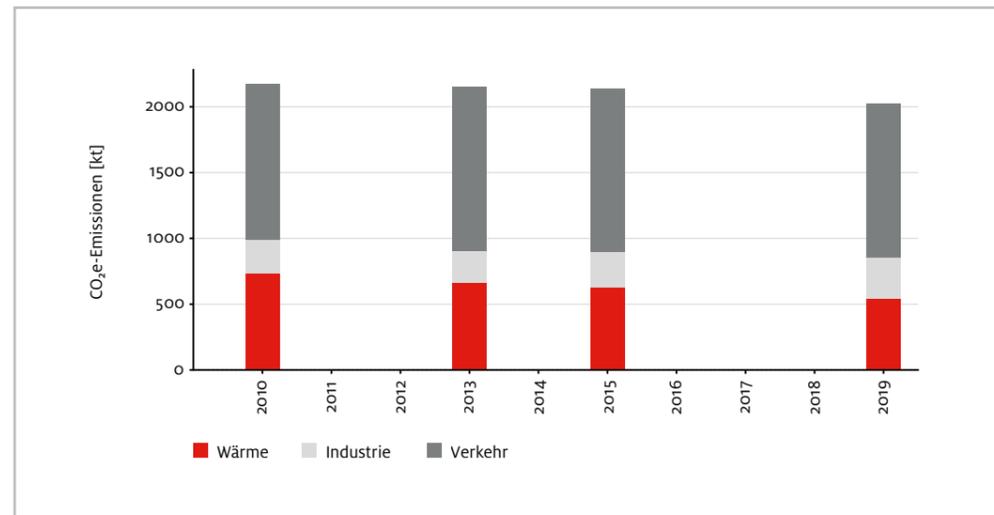


Abb. 5. Entwicklung der CO₂e Emissionen aus fossilen Brennstoffen in den Jahren 2010-2019. Berechnung von Eurac Research auf Grundlage des Emissionsinventars INEMAR (Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz)

Abb. 6 hingegen zeigt den Trend der Emissionen aus fossilen Energieträgern im Vergleich zu den bei der Klimakonferenz COP26 in Glasgow gesetzten Zielen (aufbauend auf Empfehlungen von IPCC) die Emissionen bis 2030 um 45 % gegenüber den Emissionen von 2010 zu senken⁴⁸.

⁴⁸ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_L16_adv.pdf

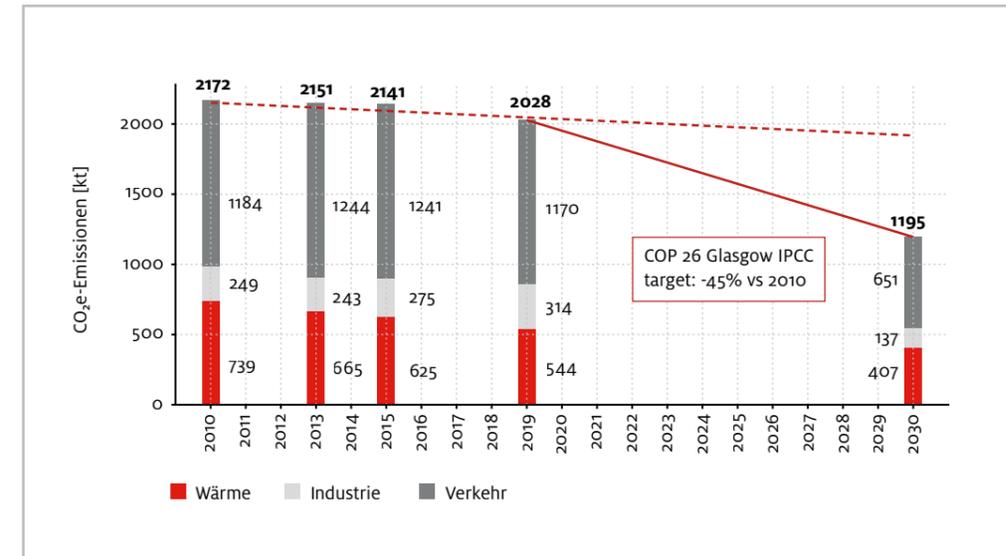


Abb. 6. Trend der CO₂e Emissionen aus fossilen Brennstoffen in den 2010-2019, mit Ziel für 2030. Berechnung von Eurac Research auf Grundlage des Emissionsinventars INEMAR (Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz) und der beim Klimagipfel COP26 von Glasgow getroffenen Vereinbarung zur Emissionsminderung.

Diese Grafik verdeutlicht das Ausmaß der Anstrengungen, die in den nächsten acht Jahren unternommen werden müssen, um das bei der COP26 in Glasgow gesetzte Minderungsziel zu erreichen. Sie verdeutlicht auch, um wie viel schneller die Emissionen bis 2030 gesenkt werden müssen, verglichen mit der Minderung von 2010 bis 2019. Eine Anstrengung, die auch in den kommenden Jahren nicht nachlassen darf, wenn die Ziele der Klimaneutralität und der Null-Emissionen aus fossilen Energieträgern bis 2040 oder 2045 erreicht werden sollen.

Aufschlüsselung der Emissionen nach Kategorien

Die nachstehende Grafik zeigt die Aufschlüsselung der Emissionen aus ausschließlich fossilen Energieträgern in die wichtigsten von Maßnahmen betroffenen Kategorien.

Aus diesem Grund sind die Unterkategorien nicht homogen:

- für die Industrie werden die verschiedenen Energieträger (Methan und andere) hervorgehoben;
- für Transporte wird die Unterteilung nach Fahrzeugtyp vorgenommen;
- für die Heizung schließlich erfolgte die Aufschlüsselung nach Energieträgern, unter Zufügung der Kategorie „Fernwärme“, um deren Einfluss sichtbar zu machen. Die Angabe zur Fernwärme wurde nicht weiter nach den verschiedenen Energieträgern aufgeschlüsselt, da Methan gegenüber Heizöl überwiegt.
- Aus Abb. 7 und Tabelle 3 sind verschiedene Aspekte ersichtlich:
- Im Sektor Verkehr ist die Hauptquelle der Emissionen der private Fahrzeugverkehr (Pkws). Mit 655 kt CO₂e ist diese Kategorie die größte Emissionsquelle Südtirols.
- An zweiter Stelle im Sektor Verkehr stehen mit 357 kt CO₂e die Emissionen des Schwerververkehrs. Darin enthalten ist auch der Schwerlastverkehr, der über die Brennerautobahn A22 durch Südtirol rollt.
- Es folgen, mit viel weniger Gewicht, Leichttransporte, Busse, Motorräder und andere Quellen.
- Im Heizungssektor hingegen sind mit 358 kt CO₂e die in den einzelnen Gebäuden installierten Methangaskessel die wichtigste Quelle.
- Die zweite Emissionsquelle ist der Verbrauch von Methan in Fernwärmesystemen. Die meisten der mehr als 70 Fernheizwerke in Südtirol nutzen Wärmeenergie aus Biomasse, aber die wichtigsten Fernheizwerke (Bozen, Brixen, Meran, Bruneck, Naturns) verwenden hauptsächlich oder als unterstützenden Energieträger Methan.
- Im Industriesektor ist die Hauptquelle der Emissionen die Verbrennung von Methan (300 kt CO₂e).

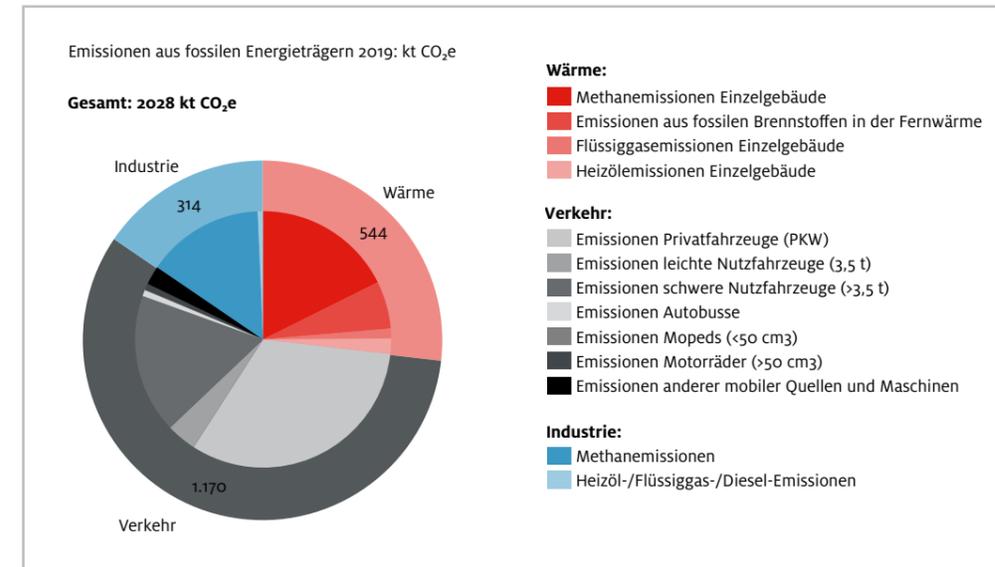


Abb. 7. Aufschlüsselung der Emissionen fossiler Brennstoffe, 2019

Nachstehende Tabelle gibt einen besseren Überblick über das Gewicht der einzelnen Posten.

Methan zum Heizen	358,0
Fernwärme (hauptsächlich Methan)	121,6
Flüssiggas zum Heizen	24,9
Heizöl	39,5
Private Fahrzeuge (Pkws)	655,0
Leichtverkehr < 3.5 t	77,2
Schwerverkehr > 3,5 t	356,7
Busse	15,8
Mopeds (< 50 cm ³)	1,5
Motorräder (> 50 cm ³)	15,9
Andere mobile Quellen und Maschinen	48,1
Methan in der Industrie	300,3
Heizöl/Flüssiggas/Diesel in der Industrie	13,6

Tabelle 3. Aufschlüsselung der Emissionen nach den für die Messungen relevanten Sektoren (kt CO₂e)

Im Folgenden werden zwei Szenarien vorgestellt wie sich die CO₂e Emissionen in den kommenden Jahren in Südtirol entwickeln können. Jedes Szenario wird mit Bezug auf die einzelnen Sektoren des Energiesystems vorgestellt. Die Szenarien sind:

- **Szenario ACTUAL:** Szenario, in dem die aktuellen Trends, die neuen Maßnahmen des Klimaplan und die europäischen Maßnahmen mit Auswirkungen auf Südtirol berücksichtigt werden;⁴⁹
- **Szenario IPCC:** Szenario, das weitere Maßnahmen zur Erreichung des (auf der COP26 in Glasgow vereinbarten) 1,5 °C-Ziels des Weltklimarats IPCC in Betracht zieht, nämlich eine Emissionsminderung bis 2030 um 45 % im Vergleich zu den Zahlen von 2010.

Ziel dieser Szenarien ist es, die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen abzuschätzen, um durch einen angemessenen Maßnahmenmix die gesetzten Ziele erreichen zu können.

Die Szenarien stellen die Entwicklung der CO₂e-Emissionen auf Grundlage bestimmter Annahmen dar. Es versteht sich, dass technologische, wirtschaftliche, geopolitische oder andere Veränderungen die Rahmenbedingungen erheblich verändern können. Deshalb können die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen auch stärker oder schwächer sein, als in diesem Dokument geschätzt.

Um die tatsächliche Entwicklung der Emissionen zu überwachen und die getroffenen Maßnahmen bei Nichterreichen der festgelegten Ziele korrigieren zu können, wird deshalb ein aufmerksames Monitoring der CO₂e-Emissionen, zumindest auf zweijährlicher Basis, als wesentlich angesehen.

In den folgenden Kapiteln werden die Szenarien, die erhobenen Daten sowie die Annahmen für jeden Sektor und jeden einzelnen Bereich innerhalb der Sektoren im Detail erläutert.

⁴⁹ Der Klimaplan enthält eine große Anzahl von vorgeschlagenen Maßnahmen. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich zumeist um qualitative Maßnahmen, deren quantitativen Auswirkungen schwer abzuschätzen sind, was ihrer Bedeutung jedoch keinen Abbruch tut. In diesem Dokument wurden nur Maßnahmen mit eindeutig quantifizierbaren Auswirkungen aus dem Klimaplan und aus dem Dokument „Everyday for Future“ berücksichtigt.

5.2. SZENARIO ACTUAL

5.2.1. Szenario ACTUAL – Transportsektor

Szenario ACTUAL (1/2) unter Berücksichtigung der in den Dokumenten Klimaplan – Update 2021 und Everyday for Future vorgeschlagenen Maßnahmen

Wie aus Abb. 7 ersichtlich, sind private Fahrzeuge (Pkws) die Hauptquelle von Emissionen in Südtirol. Die Emissionen in diesem Bereich können durch eine reduzierte Nutzung von Privatfahrzeugen – z. B. durch den Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel – oder durch eine Veränderung des Fahrzeugbestands gemindert werden. Um eine wesentliche Emissionsminderung in diesem Bereich zu erreichen, sind Maßnahmen in beide Richtungen erforderlich.

Im Folgenden werden die wichtigsten aufgeführten Maßnahmen des Klimaplan – Update 2021⁵⁰ und des Dokuments Everyday for future⁵¹ dargestellt und ihre Wirkung quantifiziert.

Maßnahme: 75 % aller neu zugelassenen Pkws haben einen schadstoffarmen Motor

Nach Angaben des Ministeriums für wirtschaftliche Entwicklung⁵² gelten „Fahrzeuge [...] mit CO₂-Emissionen von höchstens 135 g/km“ als schadstoffarm. Dies ist bereits bei vielen Fahrzeugen mit Dieselmotoren oder Hybrid-Benzinmotoren der Fall. Aber neben diesen beiden Technologien sind heute auch emissionsfreie Fahrzeuge wie Plug-in-Hybridfahrzeuge (Plug-in-Hybrid – die Batterie wird nicht lediglich beim Bremsen durch den Motor, sondern auch extern über eine Steckdose aufgeladen) oder reine Elektrofahrzeuge (ohne Verbrennungsmotor, sondern nur mit Elektromotor und Batterie) auf dem Vormarsch. Plug-in-Hybridfahrzeuge können – je nach Nutzung – im Durchschnitt deutlich weniger als die genannte Menge emittieren, und Elektrofahrzeuge haben während ihrer Nutzung überhaupt keine direkten Emissionen, da kein Verbrennungsprozess an Bord stattfindet.

Die Autoren nehmen in diesem Szenario an, dass sich diese Technologien in den kommenden Jahren wie folgt entwickeln: 75 % emissionsarme Fahrzeuge im Jahr 2030, davon 37,5 % reine Elektrofahrzeuge, 12,5 % Diesel-Hybride, 12,5 % Benzin-Hybride und 12,5 % Plug-in-Hybride. Die Angaben zum Fahrzeugbestand im Jahr 2020 stammen von ACI⁵³. Es wurde eine lineare Veränderung des Neuwagenbestands über die Jahre angenommen, die sich schrittweise auf den gesamten derzeitigen Fahrzeugbestand auswirkt. Außerdem wurde davon ausgegangen, dass der Pkw-Bestand insgesamt unverändert bleibt (weder wächst noch schrumpft) und dass sich das Durchschnittsalter der Fahrzeuge in Südtirol nicht verändert. Angenommene Nutzungsdauer = 10 Jahre, gefahrene Kilometer pro Jahr = 20.000⁵⁴. Die Ergebnisse sind in Abb. 8 dargestellt: Das erste Diagramm zeigt, wie sich der Technologiemitx des Neuwagenbestands im Laufe der Zeit

⁵⁰ Dokument Klimaplan – Update 2021: <https://www.klimaland.bz.it/klimaplan-energie-sued-tirol-2050/>

⁵¹ Dokument Everyday for future: <https://news.provinz.bz.it/de/news/nachhaltigkeit-landes-regierung-stellt-ihre-ziele-vor>

⁵² <https://ecobonus.mise.gov.it/faq/veicoli>

⁵³ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁵⁴ Alternative Fuels Data Center: <https://afdc.energy.gov/data/10309>

verändert, das zweite Diagramm zeigt den sich somit schrittweise verändernden Technologiemix des gesamten Fahrzeugbestands in Südtirol auf. Das dritte Diagramm zeigt schließlich den daraus resultierenden Trend der CO₂e-Emissionen im Vergleich zu 2019 auf. Die Abbildungen zeigen, dass durch Änderung des Technologiemixes und das Steigern des Anteils der verkauften schadstoffarmen Fahrzeuge auf 75 % die Emissionen des gesamten Pkw-Bestands in Südtirol bis 2030 im Vergleich zu 2019 um 29 % gesenkt werden können.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 189,9 kt CO₂e.

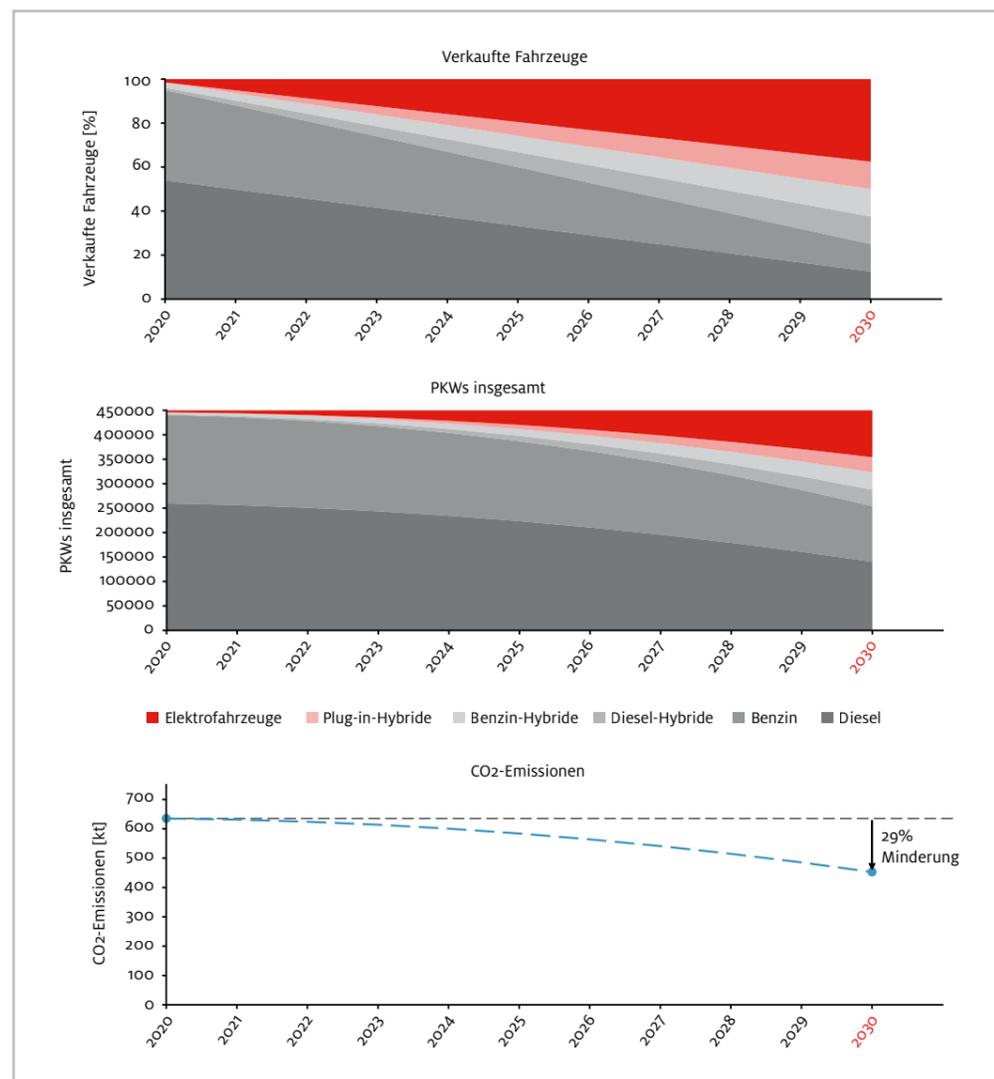


Abb. 8. Entwicklung der Emissionen des Fahrzeugbestands 2020-2030, Szenario ACTUAL 1.

Maßnahme: 200 emissionsfreie Busse im öffentlichen Dienst bis 2030

Im Jahr 2030 sollen 200 der insgesamt 750 Linienbusse emissionsfrei sein. 200 emissionsfreie Busse im Jahr 2030 sind gleichbedeutend mit einer CO₂e-Emissionsminderung von 22 % gegenüber den Werten für den öffentlichen Busverkehr im Jahr 2020.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 3,45 kt CO₂e.

Maßnahme: 20 % der Wege werden mit dem Fahrrad zurückgelegt

Laut ASTAT⁵⁵ beträgt die durchschnittlich mit dem Fahrrad zurückgelegte Entfernung 5 km, die mit dem Auto hingegen 15 km. Laut Everyday for future⁵⁶ werden heute 16 % der Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt. Ziel für 2030 ist es, 20 % zu erreichen, also 4 % mehr Radfahrten. Da die durchschnittliche Fahrt mit dem Fahrrad um zwei Drittel kürzer ist als die durchschnittliche Fahrt mit dem Auto, reduzieren sich die Emissionen des Fahrzeugbestands um schätzungsweise 1,3 %.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 8,26 kt CO₂e.

Maßnahme: Fertigstellung der in der Klimastrategie 2050 bereits erwähnten Infrastrukturprojekte im Schienenverkehr bis 2030

Die Autoren dieses Dokuments hatten keinen Zugang zu Studien oder Unterlagen, die eine detaillierte Analyse für jede einzelne Investition im Hinblick auf die mit dieser Maßnahme erwartete Verkehrsreduzierung ermöglicht hätten. Vorläufig wurde davon ausgegangen, dass durch bessere öffentliche Verkehrsmittel die Autofahrten zurückgehen, was eine Minderung der Emissionen durch den Autobestand um 5 % zur Folge hat.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 31,75 kt CO₂e.

Prognose für 2030 im Transportsektor – Klimaplan-Maßnahmen

Abb. 9 zeigt die Summe der oben genannten Einzelmaßnahmen. Es ist deutlich zu erkennen, dass aufgrund der durchgeführten Analyse die Umstellung des Fahrzeugbestands auf Emissionsfreie oder Emissionsarme Fahrzeuge die Einzelmaßnahme mit der bei weitem größten Wirkung ist. Durch diese Maßnahme sinken die Emissionen um ca. 200 kt CO₂e. Die Summe der anderen drei Maßnahmen bleibt hingegen unter 50 kt CO₂e. Die Summe aller Maßnahmen mindert die

⁵⁵ ASTAT 2021: [https://astat.provinz.bz.it/downloads/JB2021_K18\(1\).pdf](https://astat.provinz.bz.it/downloads/JB2021_K18(1).pdf);

⁵⁶ Everyday for future: <https://news.provincia.bz.it/it/news/sostenibilita-la-giunta-presenta-i-suoi-obiettivi>

Emissionen im Jahr 2030 auf 932 kt CO₂e. Dieser Wert liegt jedoch deutlich über dem IPCC-Ziel von 651 kt CO₂e.

Um das IPCC-Ziel zu erreichen, sind also ehrgeizigere Maßnahmen erforderlich.

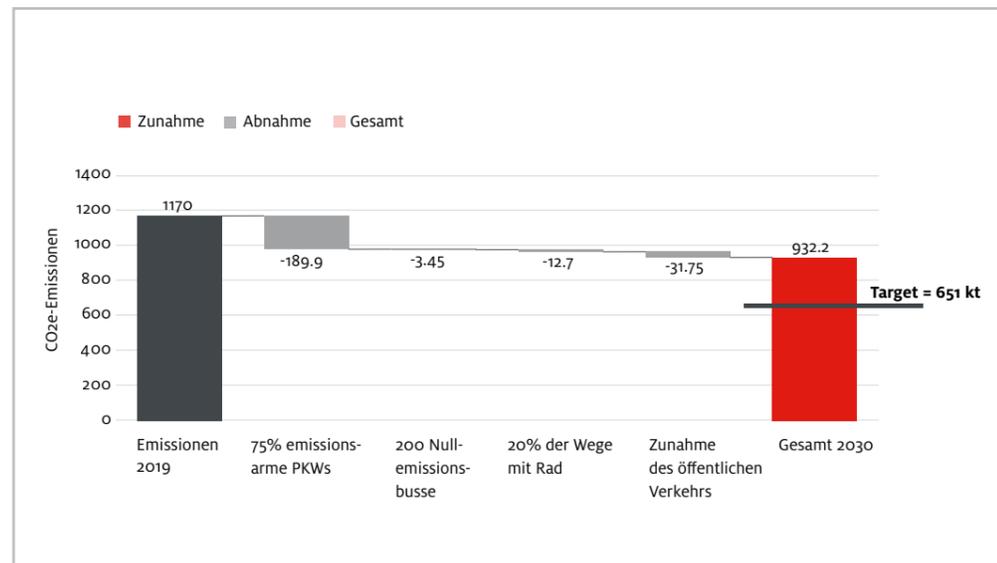


Abb. 9. Kaskadendiagramm der CO₂-Emissionen unter Berücksichtigung der verschiedenen Maßnahmen im Transportsektor, Szenario ACTUAL 1

Szenario ACTUAL 2, in dem auch die jüngsten Entwicklungen in der EU berücksichtigt werden – Transportsektor

Das Ende der Ära der Diesel- und Benzinmotoren

Mitte 2021 schlug die Europäische Kommission im Rahmen des Pakets „Fit für 55“ vor, die Emissionen von Neufahrzeugen bis 2030 um 55 % gegenüber 2021 zu mindern und den Verkauf neuer emissionserzeugender Fahrzeuge bis spätestens 2035 zu verbieten. Auf nationaler Ebene hat der interministerielle Ausschuss für den ökologischen Wandel bei seiner vierten Sitzung im Herbst beschlossen, „dass die Produktion von Autos mit Verbrennungsmotoren bis 2035 und die

von Lieferwagen und leichten Nutzfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren bis 2040 eingestellt werden muss“⁵⁷.

Annahme: lineare Entwicklung in den kommenden Jahren und Südtirol bewegt sich im europäischen Durchschnitt.

Dieses Szenario geht von einer linearen Entwicklung des Verkaufs von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor von 95 %⁵⁸ im Jahr 2021 auf 0 % im Jahr 2035 aus.

Außerdem wird angenommen, dass Südtirol weder eine besonders schnell transformierende Region, noch dem Kauf von Elektrofahrzeugen besonders abgeneigt ist. Es wird daher angenommen, dass sich Südtirol genau so entwickelt wie der europäische Durchschnitt.

Maßnahme: Verbot von Pkws mit Verbrennungsmotor bis 2035

Die wichtigste Annahme ist, dass im Jahr 2035 keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mehr verkauft werden. Dies hieße ein Anteil von 65 % emissionsfreier Fahrzeuge an den Neuverkäufen im Jahr 2030. Die Zusammensetzung der verbleibenden 35 % wird wie folgt angenommen: 11,6 % Plug-in-Hybride, 11,6 % Benzin-Hybride und 11,6 % Diesel-Hybride (Abb. 10). Die Angaben für 2020 sind den ACI-Daten⁵⁹ entnommen.

Wenn im Jahr 2030 65 % der verkauften Neuwagen emissionsfrei und 35 % schadstoffarm sind, bedeutet dies im Vergleich zu 2020 44 % weniger Emissionen durch den Fahrzeugbestand in Südtirol.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 288,2 kt CO₂e.

Dadurch sinken die Emissionen des Fahrzeugbestands im Vergleich zu den vorab dargestellten Szenarien um zusätzliche 100 kt CO₂e.

⁵⁷ <https://www.ilgiornale.it/news/transizione-energetica/rivoluzione-sulle-auto-addio-motore-2035-1995025.html>; <https://www.ilgiornale.it/news/transizione-energetica/rivoluzione-sulle-auto-addio-motore-2035-1995025.html>

⁵⁸ <https://eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1#>

⁵⁹ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

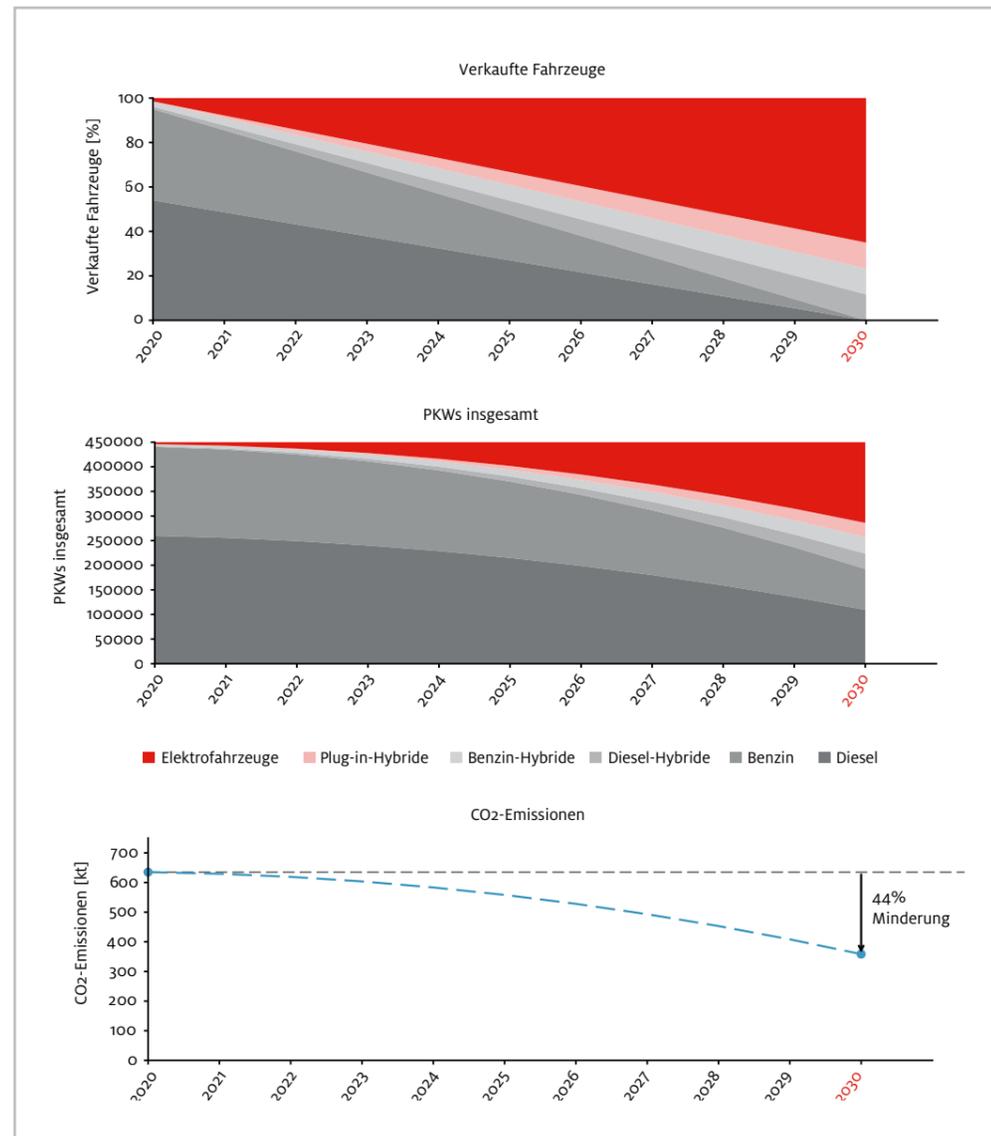


Abb. 10. Entwicklung der Emissionen des Fahrzeugbestands 2020-2030, Szenario ACTUAL 2

Maßnahme: Verbot von leichten Nutzfahrzeugen mit Verbrennungsmotor bis 2040

Für den Leichttransport lautet die wichtigste Annahme: 0 % Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Jahr 2040⁶⁰, was einen Anteil von 50 % emissionsfreier Fahrzeuge an den Verkäufen im Jahr 2030 bedeutet. Die restlichen 50 % setzen sich wie folgt zusammen: 10 % Diesel-Hybride, 10 % Benzin-Hybride, 10 % Plug-in-Hybride und 20 % Diesel. Die Angaben für 2020 sind den ACI-Daten entnommen⁶¹ (Abb. 11). Angenommene Nutzungsdauer = 10 Jahre, gefahrene Kilometer pro Jahr = 20.000⁶².

Wenn 2030 50 % der Neuwagenverkäufe emissionsfreie und 30 % schadstoffarme Fahrzeuge sind, führt dies zu 34 % weniger Emissionen im Südtiroler Leichttransportverkehr gegenüber 2020.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 26,3 kt CO₂e.

⁶⁰ Zitat aus dem Beschluss des interministerialen Ausschusses für den ökologischen Wandel (CITE) zur Abschaffung von Verbrennungsmotoren im Leichtverkehr im Jahr 2040; [2] ACI, <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁶¹ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁶² Alternative Fuels Data Center. <https://afdc.energy.gov/data/10309>

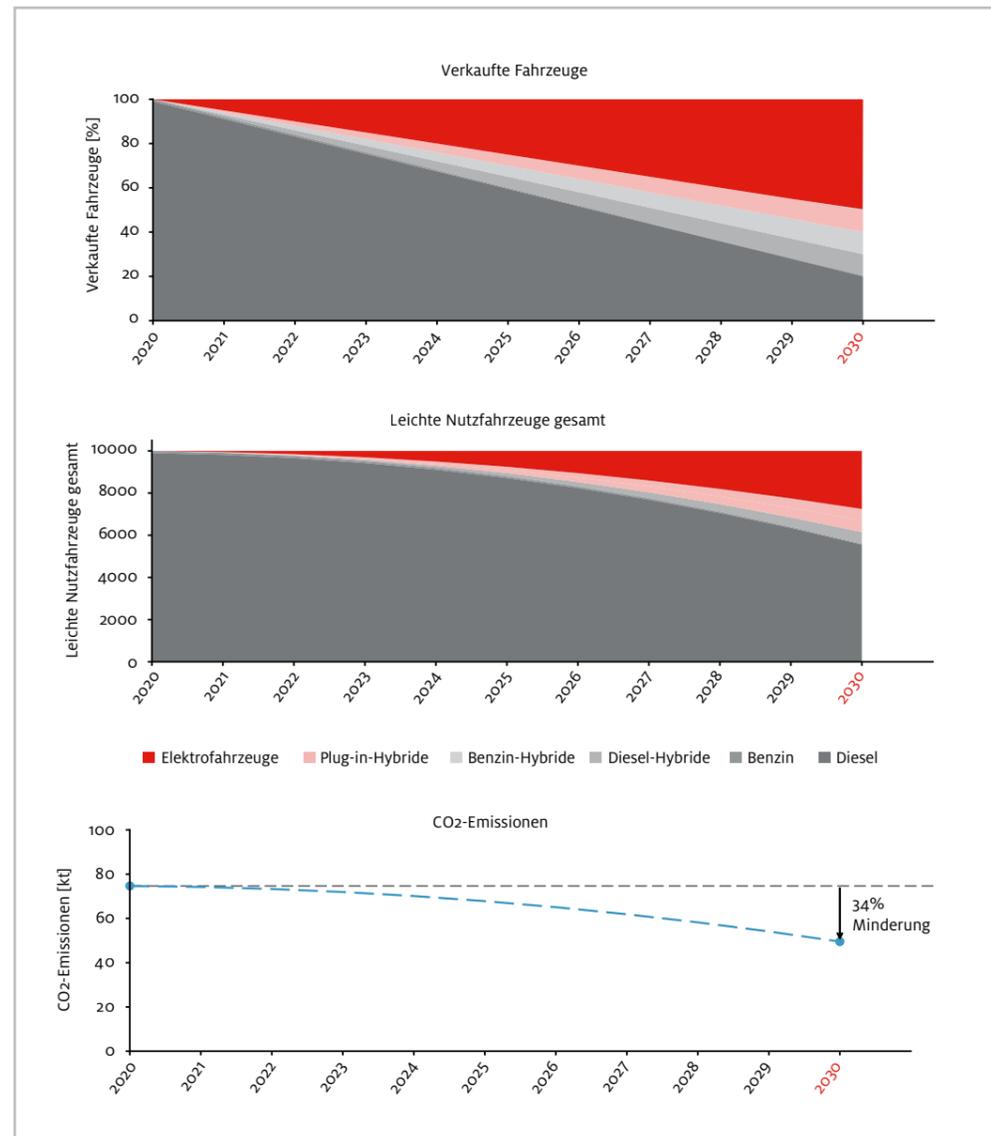


Abb. 11. Entwicklung der Emissionen von leichten Nutzfahrzeugen, 2020-2030, Szenario ACTUAL 2

Maßnahme: bis 2030 30 % weniger Emissionen durch schwere Nutzfahrzeuge

Für den Schwerlastverkehr gilt der Ausgangspunkt des EU-Plans, nämlich 30 % weniger Emissionen bei Neuverkäufen gegenüber den Werten von 2020⁶³. Dies bedeutet, dass im Jahr 2030 insgesamt 30 % der verkauften Neufahrzeuge emissionsfrei sein werden (erste Modelle ab 2024). Der Rest der Fahrzeuge (70 %) wird angenommen ähnlich zu bleiben wie heute (Abb. 12). Die Angaben für 2020 sind den ACI-Daten entnommen⁶⁴. Angenommene Nutzungsdauer = 8 Jahre, gefahrene Kilometer pro Jahr = 100.000⁶⁵.

Ein Anteil von 30 % emissionsfreier Fahrzeuge an den Neuwagenverkäufen im Jahr 2030 bedeutet eine Emissionsminderung des gesamten Schwertransports in Südtirol um 13 % im Vergleich zu 2020.

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 17,5 kt CO₂e.

⁶³ Reducing CO₂ emissions from heavy-duty vehicles: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles_en;

⁶⁴ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁶⁵ Alternative Fuels Data Center: <https://afdc.energy.gov/data/10309>

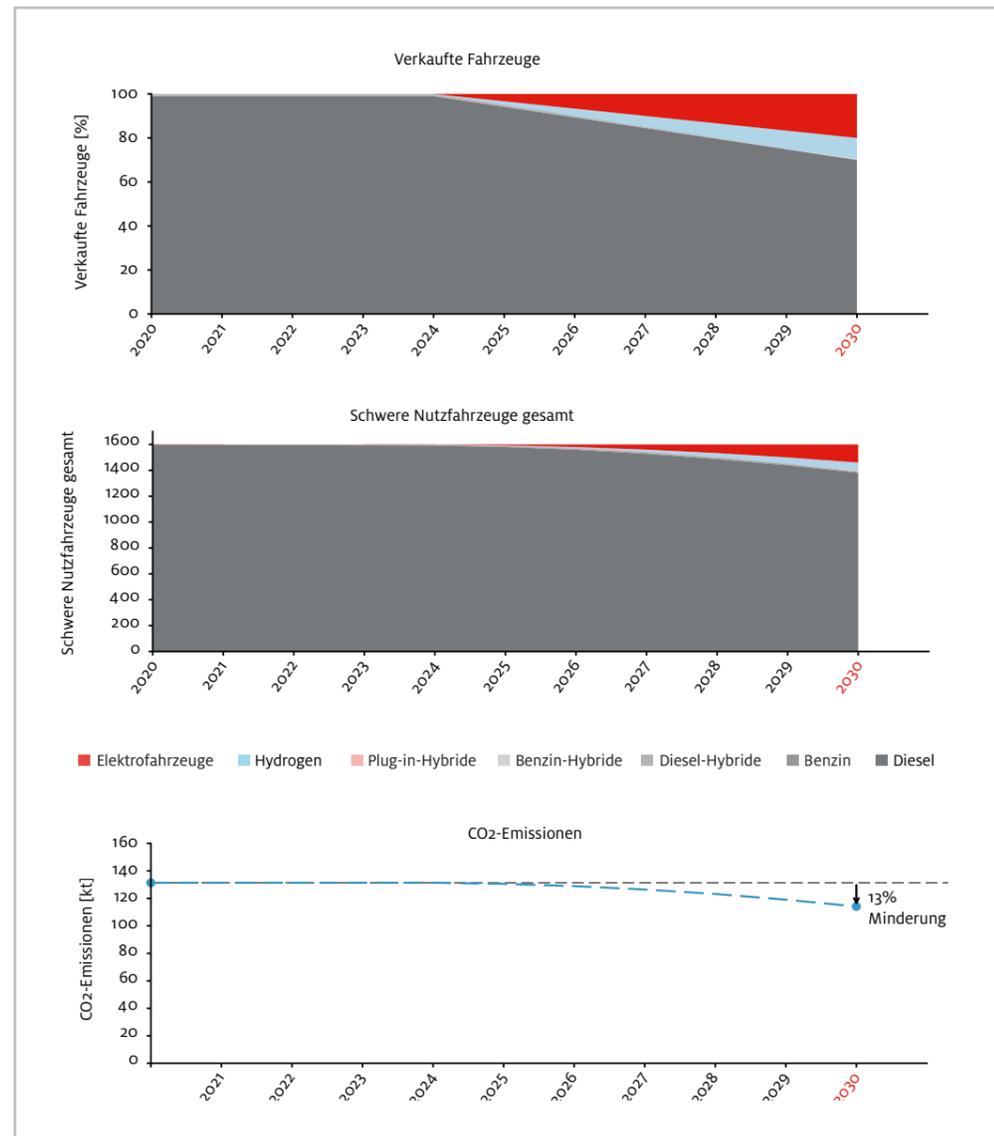


Abb. 12. Entwicklung der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen, 2020-2030, Szenario ACTUAL 2

Prognose für 2030 im Transportsektor – Szenario ACTUAL

Zusammengenommen können die in den provinzbezogenen Dokumenten Klimaplan – Update 2021 und Everyday for Future (1) genannten Maßnahmen und die Entscheidungen auf europäischer und italienischer Ebene (2) die Emissionen des Güterverkehrs in Südtirol deutlich senken.

Dank lokaler Maßnahmen würden sie von 1.170 kt CO₂e im Jahr 2019 auf 932 kt CO₂e im Jahr 2030 sinken, und unter Berücksichtigung auch europäischer und nationaler Entscheidungen würden sie auf 716 kt CO₂e sinken (Abb. 13). Betrachtet man die einzelnen Schritte, so wird noch deutlicher, wie entscheidend der technologische Wandel hin zu emissionsfreien Fahrzeugen im Jahr 2030 in allen Sektoren sein wird. Tatsächlich sind von den ca. 454 kt CO₂e Minderung mehr als 400 kt CO₂e auf diese Entwicklung zurückzuführen.

Mit allen Maßnahmen zusammen können bis zu 87 % des Emissionsminderungsziels im Transportsektor erreicht werden. Um das IPCC-Ziel zu erreichen, sind jedoch weitere Maßnahmen erforderlich.

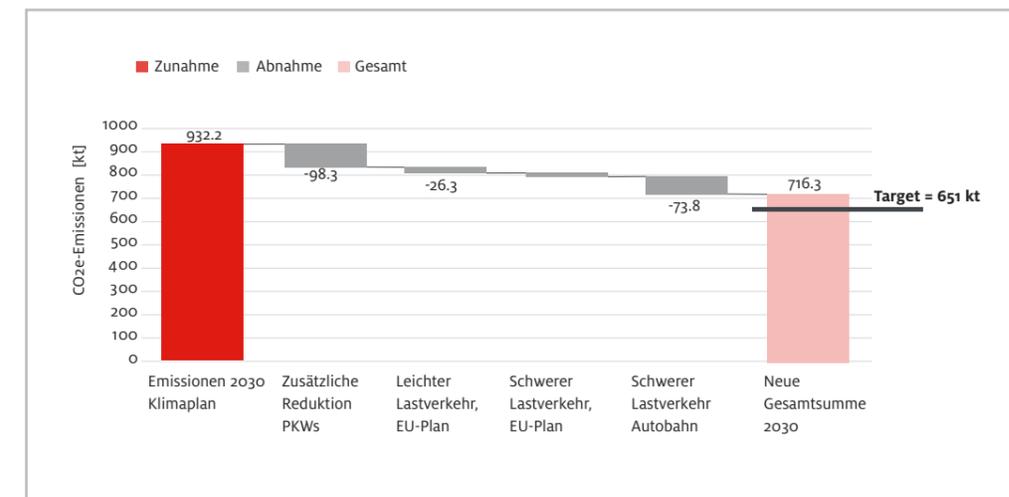


Abb. 13. Kaskadendiagramm der CO₂e-Emissionen unter Berücksichtigung der verschiedenen Maßnahmen im Transportsektor, Szenario ACTUAL 1+2

5.2.2. Szenario ACTUAL – Industriesektor

Die Industrie ist der einzige Sektor, dessen Emissionen zwischen 2010 und 2019 kontinuierlich gestiegen sind. Tatsächlich sind sie von 249 kt CO₂e auf 314 kt CO₂e, also um 26 %, gestiegen⁶⁶. Den Autoren dieses Dokuments liegen derzeit keine detaillierten Daten vor, weder zu den Ver-

⁶⁶ Inventar der Emissionen in die Luft, Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz, Eurac Research

brauchssektoren noch zu den Prozessen in welchen in wie großen Mengen Emissionen entstehen.

Das Szenario ACTUAL geht davon aus, dass die Industrie ihre ökonomische Entwicklung in den kommenden Jahren fortsetzen kann, ohne dabei die Emissionen weiter zu erhöhen.

Die Emissionen in diesem Szenario werden als stabil angenommen bei 314 kt CO₂e.

5.2.3. Szenario ACTUAL – Heizungssektor

Wie aus Abb. 4 und Abb. 5 ersichtlich, ist der Heizungssektor nach dem Transportsektor der zweitgrößte Emissionssektor (hauptsächlich Heizung von Wohn- und Dienstleistungsgebäuden).

In diesem Kapitel wird die Wirkung verschiedener Maßnahmen quantifiziert, die die thermische Sanierung bestehender Gebäude und die Umstellung der installierten Wärmesysteme auf emissionsarme oder erneuerbare Energielösungen betreffen.

Der Energieverbrauch und die entsprechenden Emissionen neuer Gebäude wurden ebenfalls quantifiziert. Nach den geltenden Vorschriften ist es nach wie vor möglich, neue Gebäude mit Gas- oder Ölheizung zu bauen.

Um diese Maßnahmen quantifizieren zu können, war es notwendig, sowohl Struktur und Alter des Gebäudebestands als auch den spezifischen Verbrauch der einzelnen Gebäudetypen detailliert zu erfassen. Auf diese Weise konnte berechnet werden, um wie viel der spezifische Energieverbrauch pro Flächeneinheit durch Wärmedämmung von verglasten oder unverglasten Oberflächen reduziert werden kann. Um Anteil und Wirkung der Eingriffe zu bewerten, wurden mehrere Anreizprogramme analysiert: nationale Programme wie Ecobonus, Bonus Casa und Conto Termico (ENEA) und lokale Anreizprogramme der Autonomen Provinz Bozen. Darüber hinaus wurde die nationale Post-Covid-Maßnahme 110 %-Superbonus berücksichtigt.

Im Detail erklärt sind diese Berechnungen in Kapitel 7.5 „Verbrauch und Emissionen für die Gebäudeheizung in Südtirol“.

Es wurden die Trends der letzten Jahre bei Sanierungen und Neubauten errechnet, und es wurde davon ausgegangen, dass sich diese in den kommenden Jahren fortsetzen werden. Eine Ausnahme bildet der 110 %-Superbonus, der nach den aktuellen Beschlüssen bis 2030 nicht mehr mit 110 %, sondern mit niedrigeren Prozentsätzen (70 %) verlängert wird. Aus diesem Grund wurden nur bereits umgesetzte Projekte oder solche im Zuge der Umsetzung berücksichtigt.

Entwicklung: zusätzliche Emissionen durch neue Gebäude

Für diese Quantifizierung wurde vom Bautrend der Jahre 2011-2020 ausgegangen und angenommen, dass dieser Trend bis 2030 unverändert anhält, wobei es einerseits Tendenzen zur Reduzierung der Bautätigkeit (neues Raumordnungsgesetz) gibt, aber auch Trends zu möglichen Großbaustellen (z. B. die ehemaligen Militärangebiet in Meran und Brixen, das Bahngelände in Bozen,

usw.). Ausgehend von diesen Annahmen beläuft sich die jährlich neu gebaute Wohnfläche auf 132.797 m², zu der noch die Nichtwohnflächen hinzugezählt werden müssen. Dies entspricht einem Heizungs- und Warmwasserverbrauch der Haushalte von 9,9 GWh/a. Indem man einen Emissionsfaktor von 0,1 kgCO₂/kWh anwendet (unter Berücksichtigung von Heizungssystemen sowohl mit fossilen als auch mit erneuerbaren Energien) und den jährlichen Zuwachs addiert, erhält man den Wert für die zusätzlichen Emissionen (alle Einzelheiten finden sich in Kapitel 7.5) bis 2030.

Diese Entwicklung führt zu einer Emissionszunahme von 19,6 kt CO₂e.

Maßnahme: Fassadendämmung von nicht verglasten Flächen von bestehenden Gebäuden

Die Berechnung basiert auf der Minderung der CO₂-Emissionen durch Maßnahmen an den Gebäudehüllen infolge individueller Anreize oder des 110 %-Superbonus. Man ging davon aus, dass sämtliche in Südtirol durchgeführte Sanierungsmaßnahmen durch eines der bestehenden Instrumente gefördert wurden.

In Tabelle 26 sind die einzelnen sanierten Flächen und die entsprechenden Auswirkungen auf die Emissionsminderung dargestellt. Beispielsweise wurden 74.623 m²/Jahr Fassadenflächen gedämmt, was Energieeinsparungen von 5,4 GWh/Jahr und somit eine Emissionsminderung um 0,8 kt CO₂e/Jahr zur Folge hat. Dazu kommen noch die Fassadenflächen von Nichtwohngebäuden und die horizontalen Wohn- und Nichtwohnflächen.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 13,9 kt CO₂e.

Maßnahme: Dämmung von verglasten Flächen an bestehenden Gebäuden

Wie für die vorherige Maßnahme wurde die Dämmung der Fenstern und verglasten Fassadenflächen unter Berücksichtigung der verschiedenen Förderprogramme berechnet. Im Wohnbau beträgt die gedämmte Fläche 16.796 m²/Jahr, was zu Energieeinsparungen von 2 GWh/Jahr führt bzw. 0,3 kt CO₂e/Jahr entspricht. Hinzu kommen die transparenten Flächen in Nicht-Wohngebäuden.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 3,5 kt CO₂e.

Maßnahme: Totalsanierung bestehender Gebäude durch den 110 %-Superbonus

Zusätzlich zu den einzelnen Sanierungsmaßnahmen wurde nach der Covid-19-Pandemie zur starken Ankurbelung der Wirtschaft mit dem Gesetzesdekret „Rilancio“ Nr. 34/2020 (umgewandelt in das Gesetz Nr. 77 vom 17. Juli 2020) der Superbonus eingeführt. Er entspricht einem Steuerabzug von 110 % aller von den Steuerzahlern getragenen Ausgaben für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Erdbbensicherheit. Es handelt sich um eine punktuelle Maßnahme, für die keine historischen Daten vorliegen.

Unter Berücksichtigung einer ersten Serie bereits konsolidierter Daten führt die Maßnahme zu einer Gesamtenergieeinsparung von 19,5 GWh, was insgesamt 2,9 kt CO₂e entspricht. Details dazu in Tabelle 32. Es wurden in diesem Szenario lediglich die bereits konsolidierten Daten berücksichtigt.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 2,9 kt CO₂e.

Maßnahme: Austausch von Heizkesseln für fossile Brennstoffe durch Biomassekessel

Wie schon beschrieben, entstehen bei der Verbrennung von Biomasse weniger CO₂e-Emissionen als bei Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Der Austausch von Heizkesseln für fossile Brennstoffe durch Biomassekessel in Gebäuden führt daher zu einer Minderung von CO₂e-Emissionen. Das Ausmaß der Minderung wurde anhand der Gesamtleistung der jährlich installierten Biomassekessel von im Durchschnitt 4.855 kW/Jahr geschätzt. Dieser Wert entspricht der durchschnittlichen installierten Leistung im Zeitraum 2000-2010. Auf Grundlage dieses Wertes und der geschätzten Anzahl der äquivalenten Betriebsstunden dieser Kessel (angenommener Wert: 400 Stunden/Jahr) wurde die von diesen Geräten erzeugte Wärmeenergie berechnet (1,9 GWh/Jahr). Schließlich wurde die Minderung der CO₂e-Emissionen bewertet. Dabei wurde der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass diese Kessel Gaskessel ersetzen würden (angenommener Gasemissionsfaktor 0,202 t CO₂e/MWh), was jährliche CO₂e-Emissionseinsparungen von 0,39 kt CO₂e mit sich bringt.

Die Installation von Biomassekesseln führt daher zu einer Emissionsminderung von 3,9 kt CO₂e bis zum Jahr 2030.

Dieser Wert beinhaltet nicht den Einsatz von Biomassekesseln in der Fernwärmeversorgung der Provinz.

Maßnahme: Installation von solarthermischen Anlagen

Um die Minderung der CO₂e-Emissionen durch Installation solarthermischer Anlagen im Zeitraum 2020-2030 abzuschätzen, wurde die durchschnittliche Fläche der jährlich in Südtirol installierten solarthermischen Anlagen auf ca. 6.000 m²/Jahr geschätzt, und die durchschnittliche Erzeugungsleistung einer typischen solarthermischen Anlage auf 350 kWh/m²/Jahr. Es wurde davon ausgegangen, dass die durch die jährlich neu installierten solarthermischen Anlagen erzeugte Wärmeenergie (2,1 GWh/Jahr) sich in einer entsprechend hohen Reduktion der durch gasbetriebene Anlagen erzeugten Wärmeenergie niederschlägt. Die jährliche Minderung der CO₂e-Emissionen von 0,31 kt CO₂e wurde durch Multiplikation des durchschnittlichen CO₂e-Emissionsfaktors der Südtiroler Heizungsanlagen (0,149 tCO₂e/MWh) mit der von den installierten thermischen Solaranlagen erzeugten Wärmeenergie (2,1 GWh/Jahr) berechnet.

Die Emissionsminderung bis zum Jahr 2030 wird daher voraussichtlich 3,1 kt CO₂e betragen.

Maßnahme: Steigerung der dezentralen Energie aus Fernwärmeanlagen

Für den Zeitraum 2020-2030 ist bereits eine Reihe von Maßnahmen geplant, um die Energieverteilung durch Fernwärmeanlagen zu erhöhen. Nach Gesprächen mit den Geschäftsführern des Südtiroler Energie Verbandes (SEV)⁶⁷ (die meisten Biomasse-Fernwärmeanlagen in Südtirol sind Mitglieder vom SEV) und der Alperia EcoPlus⁶⁸ (die u. a. die Fernwärmeanlagen in Bozen und Meran betreibt) – denen wir danken – stellen die Autoren folgende Annahmen an:

- Es wird ein Anstieg von 10 % (1 % Jahresmittel durch neue Anschlüsse) der durch erneuerbare Fernwärmeanlagen verteilten Energie angenommen (wobei sich „erneuerbar“ auf Fernwärmeanlagen bezieht, die für die Wärmeenergieerzeugung hauptsächlich erneuerbare Quellen, sprich Biomasse nutzen). Derzeit beläuft sich die durch diese Anlagen verteilte Energie auf etwa 630 GWh/Jahr, so dass der Anstieg im Jahr 2030 zu einer zusätzlichen verteilten Wärmeenergie von 63 GWh/Jahr führen wird. Es wurde davon ausgegangen, dass dieser Anstieg zu einer gleichwertigen Verringerung der in fossilen Kraftwerken erzeugten Wärmeenergie führt (angenommener Emissionsfaktor von 0,202 t CO₂e/MWh, da Gaskessel der häufigste Anlagentyp für fossile Brennstoffe sind).
- Die Inbetriebnahme des neuen Biomassekraftwerks in Meran mit einer Kapazität von 28 GWh/a wird die CO₂e-Emissionen im Jahr 2030 um 5,7 kt CO₂e reduzieren.
- Im Jahr 2019 wurden gegenüber einer geschätzten Anlagenkapazität von 140 GWh/Jahr etwa 40 GWh Wärme aus der Verbrennungsanlage Bozen über das Fernwärmenetz verteilt. Die Annahme ist, dass der Beitrag der Verbrennungsanlage zur lokalen Fernwärmeversorgung um etwa 100 GWh/a erhöht werden kann. Wie in den vorangegangenen Punkten wird angenommen, dass diese eingeleitete Energie eine Reduktion der von Gaskesseln erzeugten Wärmeenergie in gleichem Ausmaß zur Folge hat, was zu einer Verringerung der CO₂e-Emissionen um 20,2 kt CO₂ bis zum Jahr 2030 führt.

Zusammenfassend kommt man damit zu einer geschätzten Emissionsminderung durch die bereits geplanten Maßnahmen an Fernwärmeanlagen von 38,6 kt CO₂e bis 2030.

Wärmeemissionen im Jahr 2030

Das Szenario ACTUAL der Gebäudeheizungsemissionen für 2030 kann daher als Summe der derzeitigen Emissionen, der Emissionen aus Neubauten und der Auswirkungen der Modernisierung der Gebäudehülle und der Anlagen berechnet werden.

Aus Abb. 14 ergeben sich folgende Aspekte:

⁶⁷ <https://www.sev.bz.it/de/s%C3%BCdtiroler-energieverband/1-0.html>

⁶⁸ <https://www.alperigroup.eu/it/la-nostra-identita/la-nostra-energia/teleriscaldamento>

- Die jetzigen Maßnahmen reduzieren die CO₂e-Emissionen um weniger als 10 %, womit man etwa 90 kt unter dem IPCC-Ziel liegt;
- Der Anstieg der Emissionen durch Gebäude, die zwischen heute und 2030 errichtet werden, ist mit beinahe 20 kt CO₂e erheblich. Tatsächlich liegt die Minderung der CO₂e-Emissionen durch die Dämmung bestehender Gebäude in der Größenordnung von etwa 20 kt CO₂e;
- Die wichtigsten Maßnahmen betreffen die einzelnen Fernwärmesysteme in Südtirol, ebenso wie den schrittweisen Ausbau der Biomasse-Fernheizwerke, das neue Biomassekraftwerk in Meran und den umfangreichen Ausbau des Bozner Netzes. In Kombination führen diese Maßnahmen zu einer Emissionsminderung von beinahe 40 kt CO₂e;
- von geringerer Bedeutung, aber dennoch wichtig, sind die Solarthermieanlagen und Biomassekessel in einzelnen Gebäuden (etwa 7 kt CO₂e).

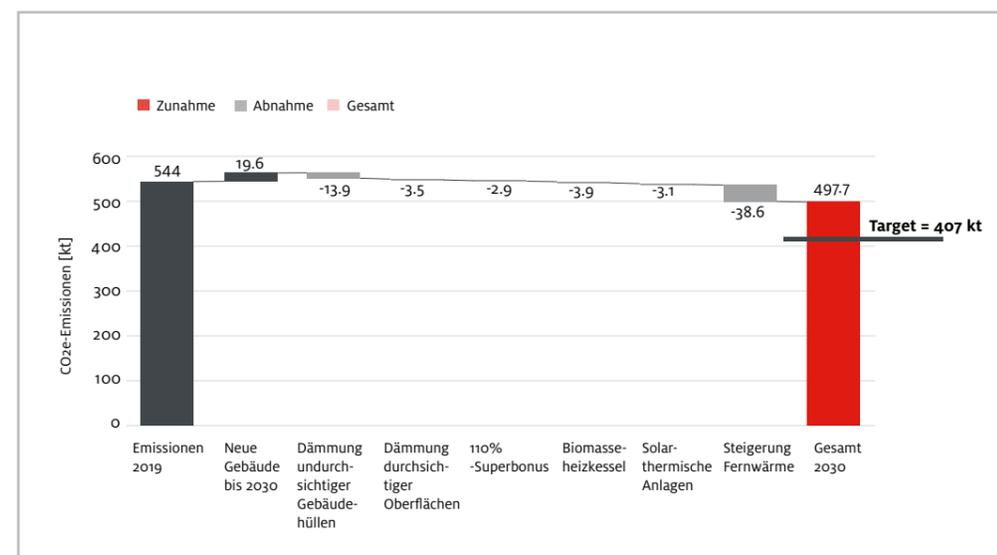


Abb. 14. Emissionen aus dem Wärmesektor im Jahr 2030, Szenario ACTUAL

5.2.4. Szenario ACTUAL – Gesamtergebnisse

Abb. 15 zeigt die Ergebnisse des Szenarios ACTUAL und verdeutlicht den Vergleich zwischen dem IPCC-Ziel und dem Szenario ACTUAL im Jahr 2030. Es zeigt sich, dass dieses Szenario weit vom Ziel des IPCC entfernt ist, die Emissionen bis 2030 um 45 % gegenüber 2010 zu reduzieren.

Aber nicht nur das Gesamtergebnis entspricht nicht den Zielen des IPCC: Keiner der einzelnen Sektoren erreicht diese Ziele.

Es folgen einige Überlegungen zu den einzelnen Sektoren.

Verkehr:

- Wie erste Analysen zeigen, scheint die Dekarbonisierung der Verkehrsmittel (d. h. der teilweise Austausch von Pkws sowie leichten und schweren Nutzfahrzeugen durch emissionsfreie Fahrzeuge, in den meisten Fällen batteriebetriebene Elektrofahrzeuge) die größte Wirkung zu haben.
- Das Szenario geht davon aus, dass sich Südtirol bei der Umstellung auf Elektrofahrzeuge dem europäischen Durchschnitt anpasst. Bislang liegt Italien jedoch nicht im europäischen Durchschnitt, sondern weit darunter.
- Um eine Entwicklung im europäischen Durchschnitt zu ermöglichen, muss eine ganze Reihe von Maßnahmen ergriffen werden, die den Kauf von emissionsfreien Fahrzeugen attraktiver machen als den Kauf von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Diese Maßnahmen betreffen Anreize zum Zeitpunkt des Kaufs ebenso wie Anreize während der Nutzung und die Ladeinfrastruktur in Südtirol.
- Selbst wenn dank solcher Maßnahmen der europäische Durchschnitt erreicht würde, wäre dies nicht ausreichend, um das IPCC-Ziel zu erreichen.

Industrie:

- Im Szenario ACTUAL wird angenommen, dass die CO₂e-Emissionen aus diesem Sektor in den nächsten acht Jahren unverändert bleiben, der Wachstumstrend also angehalten wird. Damit sind wir jedoch noch weit vom IPCC-Ziel entfernt.
- Um dieses Ziel zu erreichen, muss auch die Industrie deutlich größere Anstrengungen unternehmen.

Heizung:

- In den Jahren 2010-2019 war in diesem Sektor bereits ein deutlicher Abwärtstrend zu verzeichnen.
- Doch reichen die Fortsetzung dieses Trends und die Umsetzung der im Klimaplan – Update 2021 beschriebenen Maßnahmen nicht aus, um das IPCC-Ziel zu erreichen.
- Um das gesetzte Ziel im Wärmesektor zu erreichen, müssen also auch andere Maßnahmen mit größerer Wirkung in Betracht gezogen werden.

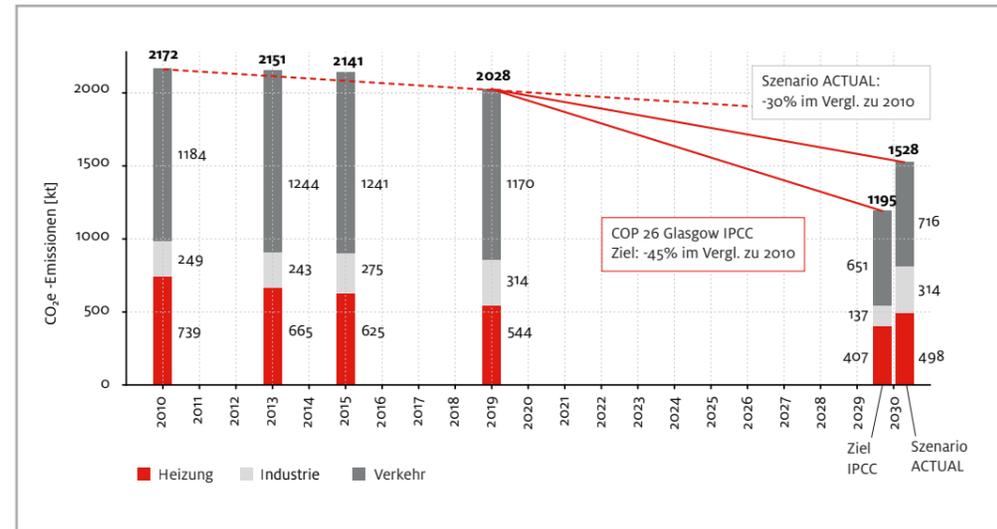


Abb. 15. Geschätzte Minderung der CO₂-Emissionen, Szenario ACTUAL

5.3. SZENARIO IPCC

5.3.1. Szenario IPCC – Verkehr

Hypothese: lineare Entwicklung mit Südtirol unter den Spitzenreitern (Front Runner) auf EU-Ebene

In allen europäischen Ländern ist ein deutlicher Anstieg emissionsfreier Fahrzeuge zu verzeichnen. Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern. In Norwegen beispielsweise erreicht der Anteil der reinen Elektrofahrzeuge im Jahr 2021 60 %, in den Niederlanden 20 % und in Italien 5 %⁶⁹.

Um die im Szenario ACTUAL beschriebenen Ziele im Durchschnitt zu erreichen, wird es ehrgeizigere Regionen geben und Länder, die bei der Umstellung langsamer sind. In diesem Szenario wird angenommen, dass Südtirol zu den im Hinblick auf die Verkehrswende führenden Ländern gehört.

⁶⁹ European Alternative Fuels Observatory EAFO: <https://eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1#>

Entwicklung der Pkw-Emissionen – Szenario IPCC

Für den Pkw-Bestand wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2030 80 % der verkauften Neufahrzeuge vor Ort emissionsfrei sein werden (nicht 65 % wie bisher angenommen). Die restlichen 20 % setzen sich in diesem Szenario wie folgt zusammen: 10 % Plug-in-Hybride, 5 % Benzin-Hybride und 5 % Diesel-Hybride. Die Werte für 2020 sind den ACI-Daten⁷⁰ entnommen.

Der Anteil von 80 % emissionsfreien und 20 % emissionsarmen Fahrzeugen an den Neuverkäufen im Jahr 2030 führt zu einer Emissionsminderung des gesamten Pkw-Bestands in Südtirol um 48 % gegenüber 2020 (Abb. 16).

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 314,4 kt CO₂e.

⁷⁰ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

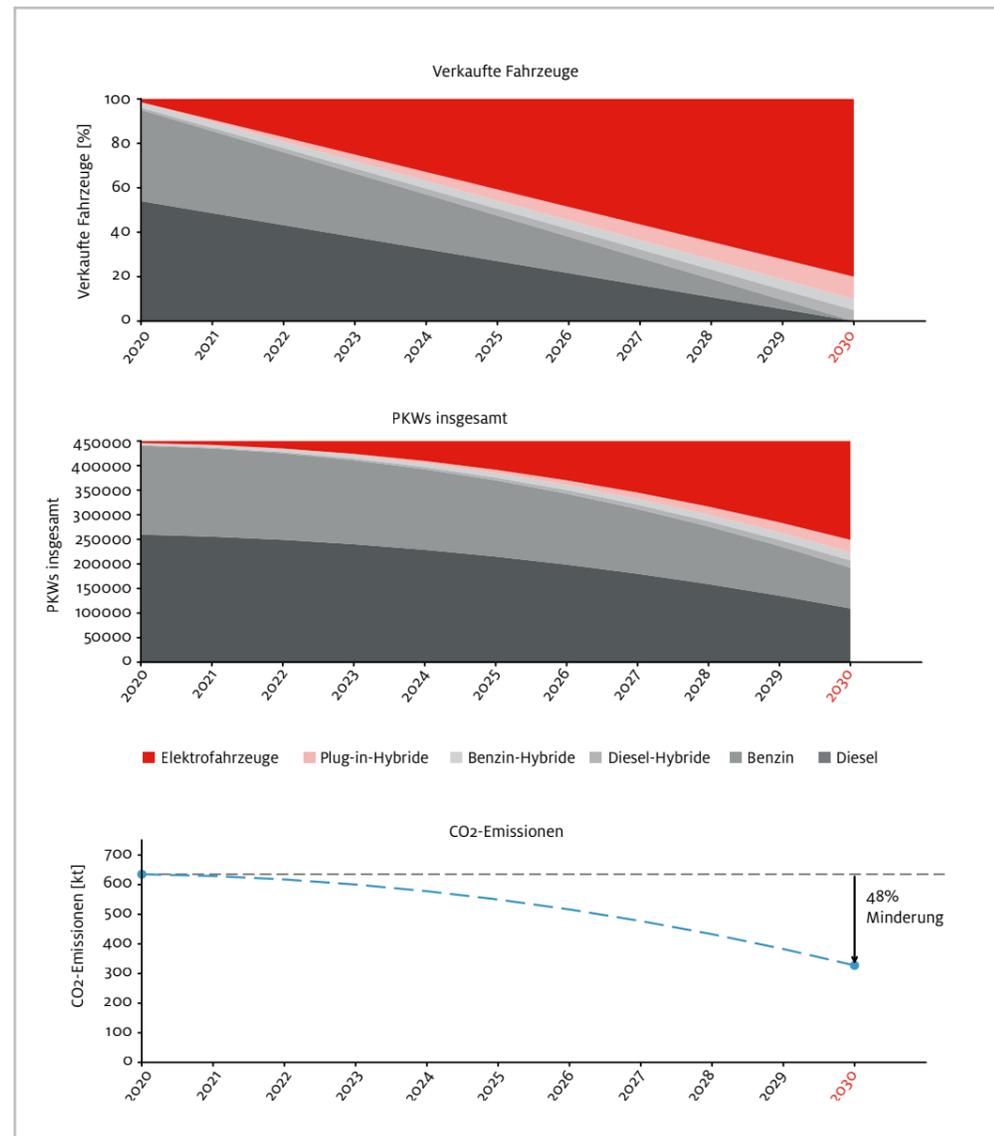


Abb. 16. Entwicklung der Emissionen des Fahrzeugbestands, 2020-2030, Szenario IPCC.

Entwicklung der Emissionen öffentlicher Busse – Szenario IPCC

Dieses Szenario geht von einer vollständigen Umstellung auf emissionsfreie Busse aus, d. h. im Jahr 2030 sind alle 750 Busse des öffentlichen Dienstes emissionsfrei.

Das bedeutet, ab sofort keine Busse mit Verbrennungsmotor mehr zu kaufen und stattdessen in den nächsten Jahren Schritt für Schritt den gesamten Bestand auf emissionsfreie Modelle umzustellen. Das mag ehrgeizig klingen, entspricht aber den strategischen Plänen vieler europäischer Großstädte (z. B. Mailand⁷¹) und dem, was andere Megastädte auf der Welt bereits begonnen und in den Jahren 2010-2020 mit Tausenden von umgerüsteten Bussen⁷² umgesetzt haben.

750 emissionsfreie Busse im Jahr 2030 führen zu einer Verringerung der CO₂e-Emissionen um 100 % – in absoluten Werten um 15,68 kt CO₂e – im Vergleich zu den Werten des öffentlichen Dienstes von 2020. (Abb. 17).

Diese Maßnahme führt im Vergleich zum Szenario ACTUAL zu einer zusätzlichen Emissionsminderung von 12,23 kt CO₂e.

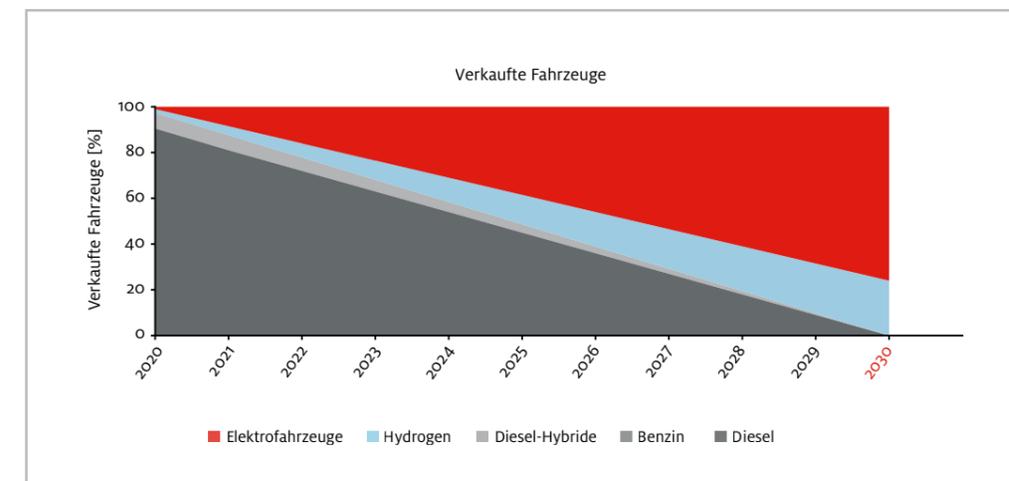


Abb. 17. Entwicklung der Emissionen öffentlicher Busse, 2020-2030, Szenario IPCC

⁷¹ Strategieplan von ATM Mailand: <https://www.atm.it/it/IlGruppo/IlNostrImpegno/Pagine/Rinnovodellaflootta.aspx>

⁷² International Energy Agency; Berlin A. et al, "Case Study: Electric buses in Shenzhen, China"

Entwicklung der Emissionen leichter Nutzfahrzeuge – Szenario IPCC

Es wird davon ausgegangen, dass 65 % der im Jahr 2030 verkauften Neufahrzeuge vor Ort emissionsfrei sein werden (nicht 50 % wie bisher angenommen). Die restlichen 35 % setzen sich wie folgt zusammen: 5 % Diesel-Hybride, 5 % Benzin-Hybride, 15 % Plug-in-Hybride und 10 % Diesel. Die Werte für 2020 sind ACI-Daten entnommen⁷³. Angenommene Nutzungsdauer = 10 Jahre, gefahrene Kilometer pro Jahr = 20.000⁷⁴.

Diese Zusammensetzung von 65 % emissionsfreien und 35 % emissionsarmen Fahrzeugen bei den Neuverkäufen im Jahr 2030 führt zu einer Emissionsminderung des gesamten Leichtverkehrs in Südtirol um 43 % im Vergleich zu 2020 (Abb. 18).

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 33,2 kt CO₂e.

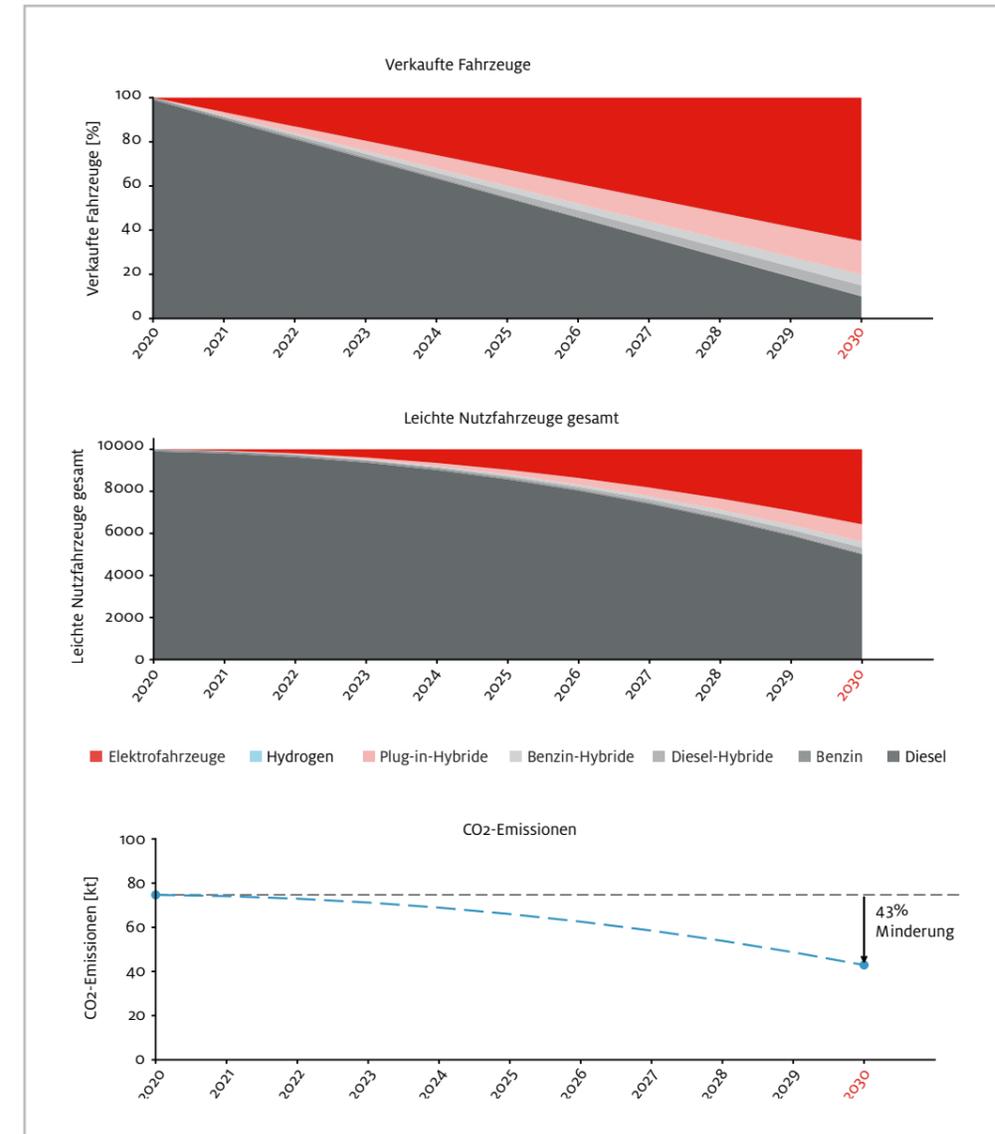


Abb. 18. Entwicklung der Emissionen leichter Nutzfahrzeuge, 2020-2030, – Szenario IPCC

⁷³ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁷⁴ Alternative Fuels Data Center: <https://afdc.energy.gov/data/10309>

Entwicklung der Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge – Szenario IPCC

Für den Schwerverkehr wird davon ausgegangen, dass 45 % der Neufahrzeuge im Jahr 2030 emissionsfrei sein werden. Der verbleibende Anteil (55 %) entfällt weiterhin auf Dieselmotoren. Die Werte für 2020 sind den ACI-Daten entnommen⁷⁵. Angenommene Nutzungsdauer = 8 Jahre, gefahrene Kilometer pro Jahr = 100.000⁷⁶.

Ein Anteil von 45 % emissionsfreier Fahrzeuge an den Neuverkäufen im Jahr 2030 bedeutet eine Emissionsminderung des gesamten Schwerverkehrs in Südtirol um 20 % im Vergleich zu 2020 (Abb. 19).

Diese Maßnahme führt in absoluten Werten zu einer Emissionsminderung von 27 kt CO₂e.

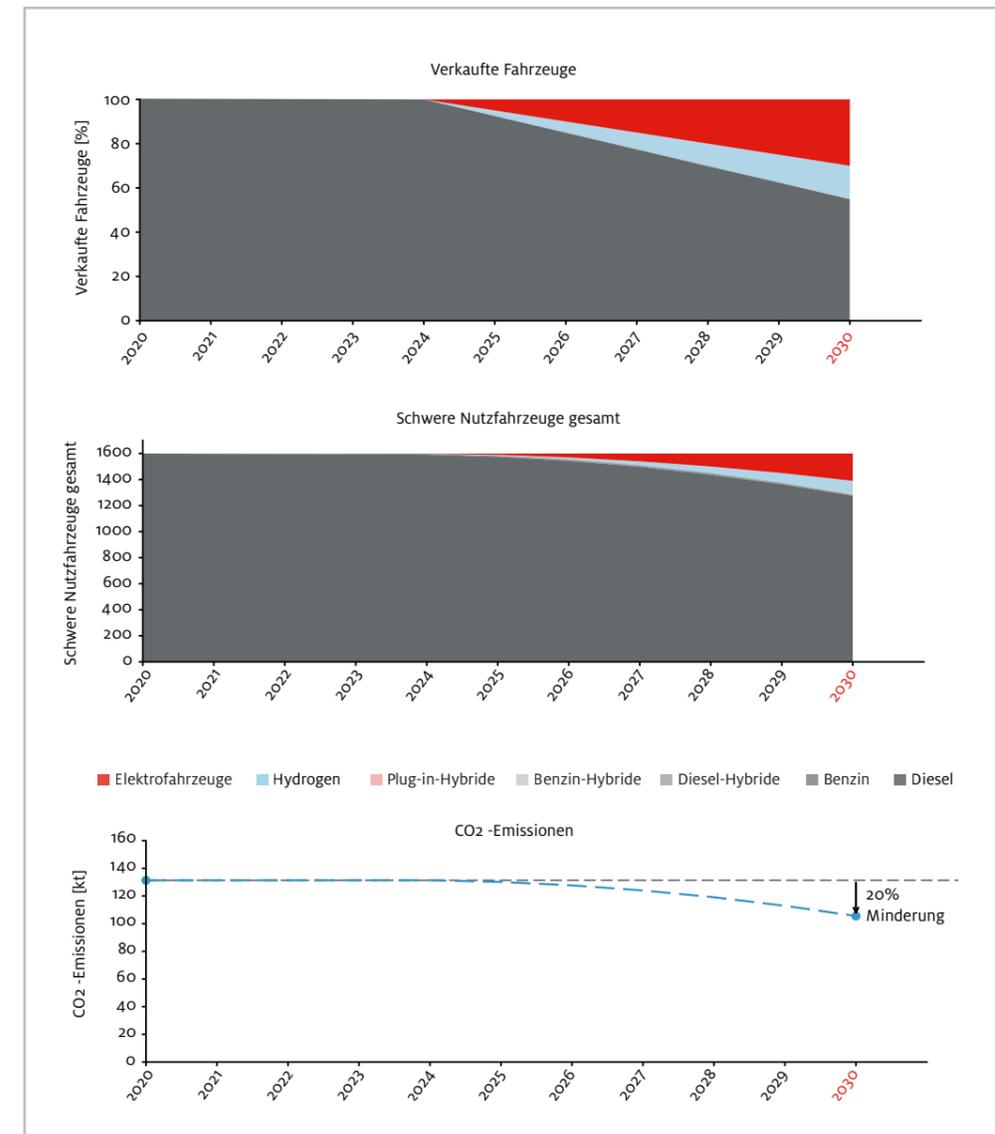


Abb. 19. Entwicklung der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen, 2020-2030, Szenario IPCC

⁷⁵ ACI: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

⁷⁶ Alternative Fuels Data Center: <https://afdc.energy.gov/data/10309>

Prognose für 2030 im Transportsektor – Szenario IPCC

Nimmt man die Beiträge aller in Betracht gezogenen Bereiche zusammen, kommt Szenario IPCC (Abb. 20) dem gesetzten Ziel sehr nahe, erreicht es jedoch nicht ganz (gesetztes Ziel: 651 kt CO₂e, erreichtes Ziel nach dem Szenario IPCC: 670 kt CO₂e).

Das zeigt, wie wichtig es ist, sofort entscheidende Schritte einzuleiten, wenn das IPCC-Ziel erreicht werden soll.

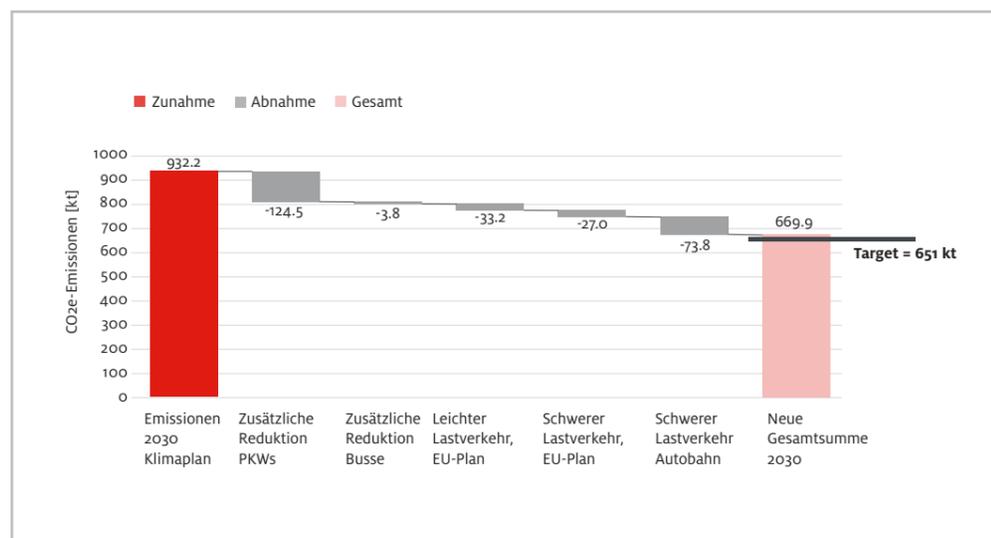


Abb. 20. Kaskadendiagramm der CO₂-Emissionen unter Berücksichtigung der verschiedenen Maßnahmen im Transportsektor, Szenario IPCC

5.3.2. Szenario IPCC – Industrie

Die Industrie ist der einzige Sektor, dessen Emissionen seit 2010 kontinuierlich gestiegen sind. In der Tat sind sie von 2010 bis 2019 um 26 % gestiegen, von 249 kt CO₂e auf 314 kt CO₂e.⁷⁷ Das Szenario IPCC geht davon aus, dass die Industrie ihre Entwicklung in den kommenden Jahren fortsetzen und gleichzeitig den Emissionstrend der letzten Jahre umkehren kann, und dass sie

⁷⁷ Inventar der Emissionen in die Luft, Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz, Datenverarbeitung durch Eurac Research

– im Einklang mit anderen Sektoren – die Emissionen bis 2030 um 40 % (jedoch ausgehend von den 2019er Daten) reduzieren kann.

In absoluten Werten führt das bis 2030 zu einer Emissionsminderung im Industriesektor um 126 kt CO₂e.

5.3.3. Szenario IPCC – Heizung

Für den Heizwärmesektor berücksichtigt das Szenario IPCC neben den aktuellen Trends der Gebäudesanierung auch eine Reihe anderer Maßnahmen bis 2030 (im Zeitraum 2022-2030). Bei den betrachteten Maßnahmen handelt es sich insbesondere um die Installation von Wärmepumpensystemen in neuen Gebäuden (bei denen außerdem davon ausgegangen wird, dass die gesamte verbrauchte Energie aus erneuerbaren Quellen stammt und keine Auswirkungen auf die CO₂e-Emissionen hat) und in sanierten Gebäuden, sowie um Hybridsysteme (Wärmepumpe + Gaskessel) in nicht sanierten Gebäuden. So ist es möglich, die Minderung der CO₂e-Emissionen im Jahr 2030 abzuschätzen und dabei neben den Maßnahmen des Szenarios ACTUAL auch eine Reihe anderer realistischerweise durchführbarer Maßnahmen zu berücksichtigen, die erhebliche Einsparungen von CO₂e-Emissionen zur Folge haben können.

Wärmepumpensysteme und Hybridsysteme

Wie vorab in der Analyse des Szenarios ACTUAL gezeigt, kann mit den in diesem Szenario in Betracht gezogenen Maßnahmen das jährliche CO₂e-Ziel für den Wärmesektor von 407 kt CO₂e/Jahr im Jahr 2030 nicht erreicht werden.

Aus diesem Grund wurde eine Reihe weiterer Maßnahmen bewertet, insbesondere der Einsatz von Wärmepumpensystemen und Hybridsystemen in Wohngebäuden. Im ersten Fall kann eine Wärmepumpe oder ein Wärmepumpenaggregat den Heiz- und Warmwasserbedarf vollständig decken; unter bestimmten Voraussetzungen kann das System auch den Kühlbedarf decken. Hybridsysteme hingegen entstehen durch die Integration eines Wärmepumpensystems mit einem Gaskessel. Während das Wärmepumpensystem den größten Teil des Wärmebedarfs deckt, bleibt der Gaskessel zur Unterstützung in Betrieb und deckt Spitzenlasten während der kältesten Stunden des Winters ab. Diese Art Anlage ist besonders in nicht sanierten Gebäuden oder in Gebäuden mit einer im Laufe der Jahre teilweise renovierten Gebäudehülle von Nutzen. In diesen Fällen erfordert die Deckung von Wärmespitzenlasten die Verteilung von bis zu 70 °C heißem Wasser in den Heizkörpern, was dem Betrieb einer Wärmepumpe nicht geeignet ist. Diese Spitzenlasten sind jedoch auf wenige Wintertage beschränkt (sowohl in Bezug auf den absoluten Wert als auch auf die Dauer), und ein gut gesteuertes Hybridsystem kann den größten Teil (etwa 70-90 %) des jährlichen Wärmebedarfs allein durch die Wärmepumpe decken.

Die derzeit auf dem Markt erhältlichen Wärmepumpen können unterschiedlicher Art sein. In dieser Studie wurden strombetriebene Kompressionswärmepumpen betrachtet. Da in Südtirol viel Strom aus erneuerbaren Energiequellen verfügbar ist und die Kopplung mit In-situ-Produktionssystemen (auf dem Gebäude installierte Photovoltaikanlagen) möglich ist, kann der Einsatz solcher Systeme erhebliche Einsparungen von CO₂e-Emissionen erzielen.

Diese Studie zieht die Installation eines Wärmepumpensystems in neuen Gebäuden sowie in Gebäuden mit umfassend renovierter Gebäudehülle in Betracht (Gebäude, bei denen nur geringfügige Eingriffe wie der Austausch von Fenstern vorgenommen wurden, sind daher ausgeschlossen). Die Installation eines Hybridsystems dagegen wurde in nicht sanierten Gebäuden in Betracht gezogen, für die bis 2030 keine Renovierung der Gebäudehülle geplant ist und deren Heizkessel am Ende seiner Lebensdauer ersetzt werden muss.

Berücksichtigte Gebäudetypologien und Klimabedingungen

Wie erwähnt, wurden drei Gebäudetypen in Betracht gezogen: neue Gebäude, Gebäude mit sanierter Gebäudehülle (kurz: saniertes Gebäude) und Gebäude, an welchem keinerlei oder kaum Sanierungen vorgenommen wurde (kurz: nicht saniertes Gebäude). Auf diese Weise sind die Gebiete vorhandenen Gebäudetypen gut repräsentiert, bei begrenztem Berechnungsaufwand.

Da die Leistung von Wärmepumpen- und Hybridsystemen von den jeweiligen klimatischen Bedingungen abhängt, wurden zwei verschiedene Referenzstandorte berücksichtigt, um die Leistung dieser Systeme im lokalen Kontext zu repräsentieren: Bozen (milderes Klima) und Bruneck (kälteres Klima). Für diese Referenzorte wurden die klimatischen Bedingungen eines durchschnittlichen Jahres aus der Software Meteonorm⁷⁸ verwendet. Insgesamt wurden sechs Fälle (drei Gebäudetypen in zwei Klimazonen) bewertet.

Bewertung der CO₂e-Emissionen

Für jeden der Fälle wurde mit der Software TRNSYS⁷⁹ eine dynamische Simulation durchgeführt. Diese Simulation ermöglicht die Bewertung mehrerer Parameter, darunter den jährlichen Stromverbrauch des Wärmepumpensystems und, bei Hybridsystemen, auch den jährlichen Brennstoffverbrauch des Gaskessels. Für jeden betrachteten Fall wurde der jährliche CO₂e-Emissionswert berechnet. Hierzu multiplizierte man den jährlichen Endenergieverbrauchswert (Gas und Strom) mit dem jeweiligen Emissionsfaktor.

Um die Minderung der CO₂e-Emissionen für den gesamten Südtiroler Wohnungsbestand abschätzen zu können, muss man die Fläche der Gebäude kennen, an denen die Systeme installiert werden.

Fläche der sanierten und nicht sanierten Gebäude, die für die Installation von Wärmepumpen- und Hybridsystemen zur Verfügung steht

Die Fläche der jährlich sanierten Gebäude und die Fläche der nicht sanierten Gebäude, für die der Austausch des derzeitigen fossilen Systems durch ein Hybridsystem in Betracht kommt, wurden als Fraktionen der Gesamtfläche des Südtiroler Wohnungsbestandes definiert. Dabei wurden insbesondere jene Gebäude berücksichtigt, die bisher nicht an die Fernwärme angeschlossen sind und vermutlich auch 2030 noch nicht angeschlossen sein werden, da sie geografisch zu weit von solchen Systemen entfernt sind.

Die an die Fernwärme angeschlossene Wohnfläche wurde unter Berücksichtigung der gesamten im Jahr 2030 durch diese Anlagen verteilten Wärmeenergie (ca. 1129 GWh/Jahr⁸⁰) und des Heizungs- und Warmwasserbedarfs eines durchschnittlichen Südtiroler Gebäudes (angenommener Wert von 120 kWh/m²/Jahr) berechnet. Sie wird auf etwa 9,4 Mio. m² geschätzt, was etwa der Hälfte der Gesamtfläche von 18,4 Mio. m² entspricht.

Die Installation von Wärmepumpensystemen wurde daher in Bezug auf eine potenziell verfügbare Fläche von 8,9 Mio. m² bestehender Gebäude und 1,3 Mio. m² neuer – zwischen 2020 und 2030 errichteter – Gebäude betrachtet (siehe Abschnitt).

Jährliche Sanierungs- und Austauschraten von Heizkesseln mit fossilem Brennstoff durch Hybridsysteme in nicht sanierten Gebäuden

Es wurde davon ausgegangen, dass in allen sanierten Gebäuden Wärmepumpensysteme installiert werden. Die derzeitige jährliche Sanierungsrate beträgt ca. 1 %, und dieser Wert wurde auch im Szenario IPCC angenommen. Es wird daher davon ausgegangen, dass jedes Jahr eine Fläche von ca. 89.000 m² saniert und in diesen Gebäuden ein Wärmepumpensystem installiert wird.

Andererseits wurde eine Installationsrate von Hybridsystemen in nicht sanierten Gebäuden von 2 % bis 4 % angenommen. Während die Installation von Wärmepumpen in sanierten Gebäuden bereits ein etablierter Trend ist, wurde die Verwendung von Hybridsystemen erst in den letzten Jahren, auch durch den 110 %-Superbonus, vorangetrieben. Die angewandten jährlichen Raten (2 % und 4 %) basieren auf der durchschnittlichen technischen Nutzungsdauer eines fossilen Heizkessels (angenommen werden 25 Jahre). Eine jährliche Austauschrate von 2 % bzw. 4 % bedeutet, dass die Hälfte bzw. alle mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizkessel am Ende ihrer Lebensdauer durch ein Hybridsystem ersetzt werden. Auch wenn es derzeit schwer vorstellbar ist, dass alle Heizkessel am Ende ihrer Lebensdauer durch ein Hybridsystem ersetzt werden – und es wird sicherlich ein Regelungsrahmen erforderlich sein, damit sich die Praxis im Laufe der

⁷⁸ Meteonorm-Software: <https://meteonorm.com/>

⁷⁹ Klein, S.A. et al, 2017, TRNSYS 18: A Transient System Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA, <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>

⁸⁰ Ausgehend von der 2019 in Südtirol durch Fernwärme verteilten Energie berechneter Wert (1066 GWh/a), Wert aus der Datei „Calore derivato da Alto Adige 2019 x Eurac.xlsx“ und unter Berücksichtigung einer Steigerung von 10 % im Jahr 2030 (also einer Steigerung von 63 GWh/Jahr) im Vergleich zum aktuellen Wert, der durch Fernheizwerke verteilten Energie aus erneuerbaren Quellen (630 GWh/Jahr).

Jahre verbreitet –, so erscheint es durchaus möglich, dass mindestens die Hälfte der Heizkessel bis 2030 durch Hybridsysteme ersetzt werden.

Merkmale des analysierten Energiemixes

Wie bereits erwähnt, wurde davon ausgegangen, dass der verbrauchte Strom vollständig aus erneuerbaren Quellen stammt und keine CO₂e-Emissionen bewirkt. Darüber hinaus wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um zu prüfen, wie die Ergebnisse in Bezug auf die CO₂e-Emissionsminderung sich je nach Anteil erneuerbarer Energie am untersuchten Energiemix ändern.

Ergebnisse der verschiedenen analysierten Fälle und Szenarien

Installation von Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energien in allen neuen Gebäuden

Wie bereits erwähnt, geht das Szenario IPCC davon aus, dass der Wärmebedarf neuer, im Zeitraum 2022-2030 errichteter Gebäude durch Wärmepumpensysteme gedeckt wird, die ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energiequellen nutzen. Auf diese Weise lässt sich die Minderung der CO₂e-Emissionen bis 2030 im Vergleich zum Szenario ACTUAL abschätzen, bei dem die im Zeitraum 2020-2030 neu errichteten Gebäude zu einem quantifizierten Anstieg der Emissionen von 19,6 kt CO₂e im Jahr 2030 führen werden (siehe Kapitel 7.5). Allerdings ist es unmöglich, eine vollständige Beseitigung dieser Emissionen in Betracht zu ziehen, da sich die im Zeitraum 2020-2022 neu gebauten Gebäude nicht durch Null CO₂e-Emissionen auszeichnen. Aus diesem Grund beträgt die durch diese Maßnahme erreichbare CO₂e-Emissionseinsparung acht Zehntel des Emissionswertes der im Szenario ACTUAL betrachteten Gebäude (19,6 kt CO₂e) und entspricht somit 15,7 kt CO₂e.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 15,7 kt CO₂e.

Installation von Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energien in allen umfassend sanierten Gebäuden

Die Minderung der CO₂e-Emissionen im Jahr 2030 durch die Installation von Wärmepumpensystemen in sanierten Gebäuden (die jährliche Sanierungsrate wird wie schon vorab erwähnt mit 1 % angenommen) beträgt 17,7 kt CO₂e.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von 17,7 kt CO₂e.

Installation von Hybridsystemen in nicht sanierten Gebäuden und notwendiger Kesseltausch

Die Minderung der CO₂e-Emissionen im Jahr 2030 durch den Austausch fossiler Energieerzeugungssysteme gegen Hybridsysteme in nicht sanierten Gebäuden beträgt 59,2 kt CO₂e, wenn die

Hälfte der fossilen Heizkessel am Ende ihrer technischen Nutzungsdauer durch ein Hybridsystem ersetzt werden, oder 118,5 kt CO₂e, wenn alle fossilen Heizkessel am Ende ihrer technischen Nutzungsdauer durch ein Hybridsystem ersetzt werden.

Diese Maßnahme führt zu einer Emissionsminderung von bis zu 118,5 kt CO₂e.

Austausch fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger in Fernheizwerken

Der überwiegende Teil der Fernheizwerke in Südtirol wird ausschließlich mit erneuerbaren Energieträgern (Biomasse) betrieben. Die drei großen Fernheizwerke (Bozen, Brixen und Meran) und einige kleinere Fernheizwerke werden jedoch zu einem großen Teil durch gasbetriebene Heizkessel oder Blockheizkraftwerke versorgt. Abb. 7 zeigt, dass die Gasverbrennung in Fernheizwerken nach den Gaskesseln in einzelnen Gebäuden den zweitgrößten Beitrag zu den CO₂e-Emissionen im Wärmesektor leistet.

Um die Klimaneutralität Südtirols zu erreichen wird es in den nächsten 20 Jahren notwendig sein, diesen Gasverbrauch beinahe auf null zu reduzieren und durch andere Energieträger in allen lokalen Fernwärmesystemen zu ersetzen.

In diesem Dokument wurden keine Einzelmaßnahmen aufgezeigt und also auch nicht quantifiziert. Aber wie das Beispiel Meran (Biomasse), die Projektidee in Brixen (Tiefengeothermie) oder viele Fernheizwerke in Dänemark zeigen, ist es möglich, durch einen Mix aus Maßnahmen (Biomasse, Geothermie, Wärmepumpen, Abwärme aus industriellen Prozessen, Absenkung der Systemtemperaturen in bestimmten Teilen des Netzes usw.) schrittweise die Abhängigkeit von Gas zu verringern.

Dafür bedarf es strategischer Planung. Der Fernwärmesystembetreiber sollte klare Dekarbonisierungsziele festlegen und entsprechend im Laufe der kommenden Jahre Maßnahmen umsetzen und Investitionen tätigen.

Prognose für 2030 im Heizungssektor – Szenario IPCC

Im Szenario IPCC wurden drei zusätzliche Eingriffe analysiert, die nur den Austausch von fossilen Heizkesseln und die Bewertung betreffen, wie diese ganz oder teilweise durch erneuerbare Systeme ersetzt werden können. Da die Austauschrate eines Heizkessels im Durchschnitt viermal so hoch ist wie die Gesamtanierungsrate von Gebäuden (in etwa 25 Jahren wird der gesamte Bestand an installierten Heizkesseln ausgetauscht, während es etwa hundert Jahre dauert, um den gesamten Gebäudebestand zu sanieren), kann man in diesen Fällen viel schneller handeln.

Aus den obigen Ergebnissen geht hervor, dass die Installation von Wärmepumpen- und Hybridsystemen einen erheblichen Beitrag zur Emissionsminderung von CO₂e leistet.

Aus Abb. 21 ist ersichtlich, dass durch die im Szenario IPCC berücksichtigten Maßnahmen das **CO₂e-Ziel für 2030 im Heizungssektor (407 kt CO₂e) erreichbar ist.**

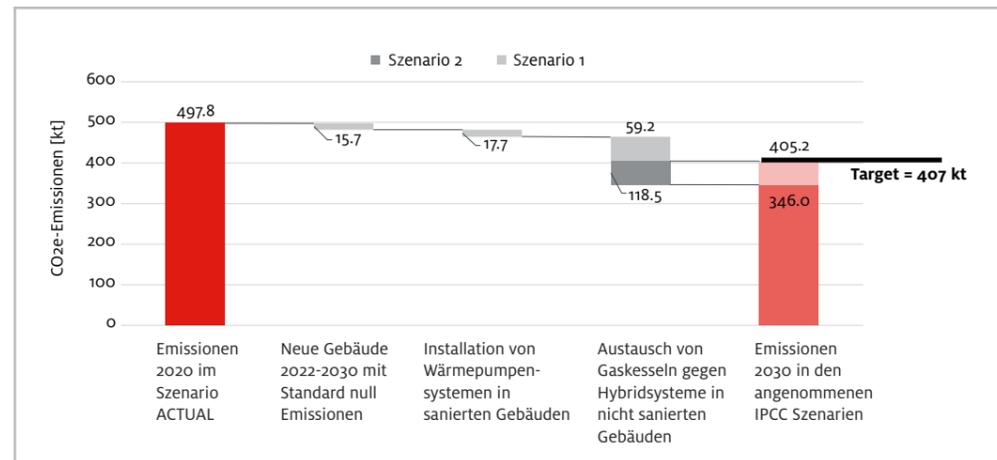


Abb. 21. CO₂e-Emissionen im Jahr 2030 nach dem Szenario ACTUAL und dem Szenario IPCC. Ebenfalls dargestellt sind die Beiträge der verschiedenen Maßnahmen zur Minderung der CO₂e-Emissionen und das CO₂e-Emissionsziel für 2030 im Heizungssektor.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Einsatz von Wärmepumpen- und Hybridsystemen einen höheren Stromverbrauch mit sich bringt. Im Szenario IPCC schwankt der für den Betrieb von Wärmepumpen- und Hybridsystemen benötigte erneuerbare Strom zwischen 150 und 250 GWh/Jahr. Etwa 30 % dieser Energie könnte durch Photovoltaikanlagen auf den Gebäuden erzeugt werden, in denen diese Anlagen installiert sind; dies entspricht etwa -40-70 MWp der insgesamt installierten Anlagen⁸¹. Der verbleibende Anteil sollte durch große Photovoltaik- und Wasserkraftanlagen erzeugt werden. Bezieht man sich nur auf Photovoltaik-Anlagen, so würde dies weiteren, insgesamt installierten -90-160 MWp entsprechen.

Ein weiterer Ausbau der Fernwärmenetze aus erneuerbaren Energien über das bereits geplante Maß hinaus, z. B. durch umfassende Nutzung von Abwärme und lokal erzeugter nachhaltiger Biomasse, würde die Anzahl der Wärmepumpen- und Hybridsysteme und damit die zur Versorgung des Sektors benötigte Menge an erneuerbarem Strom begrenzen.

Es ist also von größter Bedeutung, ein ausgewogenes System erneuerbarer Energiequellen und -technologien zu fördern, um nicht von einer einzigen Energiequelle abhängig zu sein.

Obwohl diese Studie wie erwähnt davon ausgeht, dass der verbrauchte Strom vollständig aus erneuerbaren Energiequellen stammt und keine Auswirkungen auf die CO₂e-Emissionen hat, wurden die Ergebnisse in Bezug auf die Minderung der CO₂e-Emissionen durch den Einsatz von Wärmepumpensystemen und Hybridsystemen ebenfalls bewertet und verschiedene Energiemixe für Strom berücksichtigt. Dies wurde anhand einer Sensitivitätsanalyse bewertet. Erwartungsgemäß zeigt die Analyse, dass sich beim Einsatz von Wärmepumpen- und Hybridsystemen

⁸¹ Diese Leistungswerte der zu installierenden Photovoltaikanlagen wurden unter Annahme einer Jahresleistung von 1100 kWh/kWp berechnet.

die CO₂e-Emissionen umso deutlicher reduzieren, je höher der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix ist; in jedem Fall aber führt die Maßnahme zu einer deutlichen Minderung der CO₂e-Emissionen. Die Einsparung von CO₂e-Emissionen, die mit denselben Maßnahmen (jährliche Sanierungsrate von 1 % und jährliche Rate des Austausches von fossilen Heizkesseln durch ein Hybridsystem in nicht sanierten Gebäuden von 2 % (Fall 1) bzw. 4 % (Fall 2)) erreicht 53,5 kt CO₂e (Fall 1) bzw. 82,1 kt CO₂e (Fall 2) im Jahr 2030 wenn für die Deckung des Stromverbrauchs der italienische Strommix verwendet wird. Es wird dabei ein CO₂e-Emissionsfaktors für das italienisch nationalen Strommixes von 0,2965 tCO₂e/MWh angenommen.

Wenn zusätzlich zu den gleichen Jahresraten an Sanierung und Austausch von fossilen Heizkesseln durch ein Hybridsystem in nicht sanierten Gebäuden auch berücksichtigt wird, dass ein Teil (30 %) des Stromverbrauchs solcher Systeme durch Energie aus erneuerbaren Quellen vor Ort (Photovoltaik) und nicht vollständig durch Energie aus dem italienischen Strommix gedeckt wird, beträgt die Emissionsminderung von CO₂e im Jahr 2030 65,3 kt CO₂e (Variante 1) bzw. 103,1 kt CO₂e (Variante 2).

5.3.4. Szenario IPCC – Gesamtergebnisse

Abb. 22 zeigt die Ergebnisse des Szenario IPCCs. Man sieht, wie dieses Szenario mit dem IPCC-Ziel übereinstimmt, die Emissionen bis 2030 um 45 % gegenüber den Zahlen von 2010 zu reduzieren. Die Emissionen aus dem Transportsektor werden stark reduziert und nähern sich damit dem IPCC-Ziel für diesen Sektor stark an. Die Emissionen im Industriesektor werden zwar reduziert, aber nicht genug, um das Ziel zu erreichen. Der Wärmesektor gleicht die beiden vorangegangenen Sektoren durch eine stärkere Emissionsminderung aus.

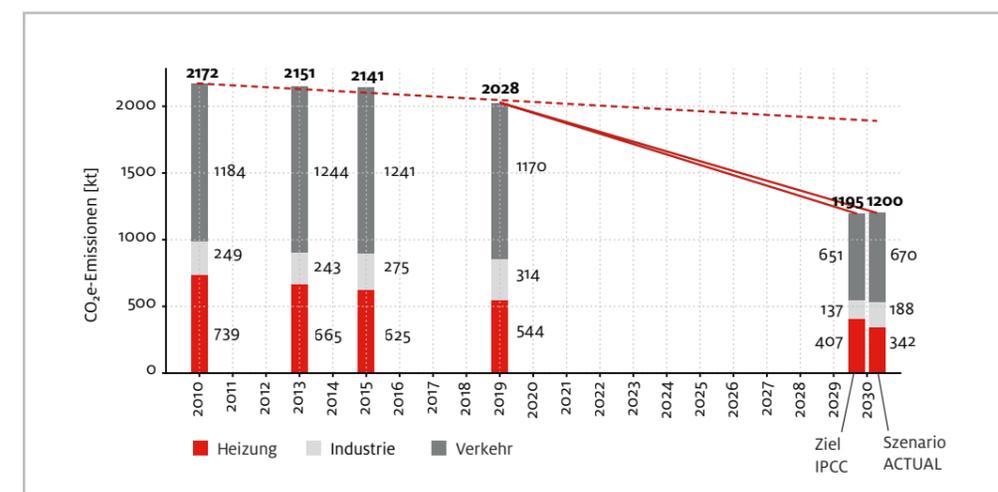


Abb. 22. Geschätzte Minderung der CO₂-Emissionen, Szenario IPCC

Es folgen abschließende Überlegungen zu den einzelnen Sektoren.

Verkehr

Der Verkehr ist in Südtirol der größte Emittent von CO₂e und daher in den Mittelpunkt aller künftigen Klima- und Energieplanungen zu stellen.

Die von Staat, Land, Gemeinden und privaten Akteuren (Unternehmen, Hotels usw.) umgesetzten Maßnahmen, um den Personen- und Güterverkehr mit privaten Fahrzeugen zu reduzieren und auf die Schiene, den öffentlichen Nahverkehr, das Fahrrad und andere Formen der Mikromobilität zu verlagern, **sind unerlässlich, um die Lebensqualität in Südtirol zu erhöhen, die Überlastung vieler Südtiroler Straßen zu verringern, die Sicherheit zu erhöhen und die Luftqualität zu verbessern.**

Nach den Analysen dieser Studie leisten all diese Maßnahmen zwar einen wichtigen Beitrag, erreichen aber nur einen kleinen Teil der angestrebten CO₂e-Minderung.

Um die Emissionsziele zu erreichen, müssen zudem Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in erheblichem Umfang und rasch durch emissionsfreie Fahrzeuge (hauptsächlich batteriebetriebene Elektrofahrzeuge) ersetzt werden. Dies gilt sowohl für Privatfahrzeuge als auch für Fahrzeuge Südtiroler Unternehmen. Dadurch würde Südtirol zudem attraktiver für Touristen (und Logistikunternehmen), die mit Elektrofahrzeugen unterwegs sind.

Konkret – und in Anlehnung an den Weg, den die Pionierländer in diesem Bereich eingeschlagen haben – wird Folgendes angestrebt:

- zum **Zeitpunkt des Kaufs** bestehen **klare wirtschaftliche Anreize** für emissionsfreie Fahrzeuge (dies kann in Anbetracht der Preissenkung bei Elektrofahrzeugen auf einige wenige Anfangsjahre beschränkt sein);
- **die Nutzung von emissionsfreien Fahrzeugen** bringt im Vergleich zu Fahrzeugen mit Emissionen **klare Vorteile vor Ort** mit sich (Zufahrtserlaubnis in bestimmte Sperrzonen, erweiterte Erlaubnis zur Nutzung von Parkplätzen, Erlaubnis zur Nutzung von Busspuren, Reduktion der Kosten für die Nutzung von Autobahnen oder anderen Dienstleistungen);
- **spezifische Anreize erleichtern Unternehmen** den Übergang zu emissionsfreien Fahrzeugen. Ein solcher Übergang wäre wiederum ein starker Anreiz für die Zunahme des Angebots an emissionsfreien Fahrzeugen auf dem Gebrauchtmittelmarkt (was auch Menschen mit geringeren finanziellen Möglichkeiten den Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge ermöglicht);
- **die Infrastruktur zum Aufladen** von Fahrzeugen ermöglicht ein **unbeschwertes Fahren** (sowohl in Bezug auf Qualität und Geschwindigkeit des Aufladens, als auch auf die Anzahl der Ladepunkte). Eine gut sichtbare Infrastruktur würde auch all jenen, die (noch) keine Elektrofahrzeuge besitzen, vermitteln, ein Elektrofahrzeug zu haben sei unkompliziert und vorteilhaft;

— **die Infrastruktur ist nach Anwendungsbereichen differenziert.** Sie erhöht den Benutzerkomfort und senkt gleichzeitig die Installations- und Nutzungskosten sowie die Auswirkungen auf das Stromnetz. Beispiele:

- Um dem Durchschnittsnutzer den Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge zu ermöglichen, muss er in seiner Garage oder auf seinem Parkplatz über eine Ladestation mit geringer Leistung (3 bis 7 kW) verfügen;
- Menschen, die keinen eigenen Parkplatz haben, sondern ihr Auto auf der Straße parken, müssen in der Lage sein, in der Nähe ihres Wohnorts genügend und kostengünstige Ladepunkte mit geringer Ladeleistung zu finden;
- Für sorglose Aufenthalte benötigen Touristen Ladestationen in Hotels; hohe Leistungen sind nicht erforderlich, wohl aber eine hohe Anzahl von Anschlüssen; vor allem im Winter, wenn Elektrofahrzeuge einen geringen, aber kontinuierlichen Energiebedarf haben, um die Batterien über Null Grad zu halten;
- Auf dem Parkplatz eines Skigebietes besteht vor allem Bedarf an vielen Anschlusspunkten, jedoch mit geringen Anschlussleistungen. Der Durchschnittsnutzer ist nämlich daran interessiert, sein Fahrzeug den ganzen (oder halben) Tag über kostengünstig anschließen und aufladen zu können, um am Ende des Tages mit einer vollgeladenen Batterie abzureisen;
- An einer Autobahntankstelle möchte der durchschnittliche Nutzer nur ein paar Minuten anhalten, um eine kurze Pause einzulegen, und dann schnell wieder weiterfahren, wofür er auch höhere Kosten für das Aufladen in Kauf nimmt. Hier sind sehr hohe Leistungen erforderlich (Supercharger oder Hypercharger);
- Um den Übergang zum emissionsfreien Schwerverkehr zu ermöglichen, sind auf die Größe und Leistung schwerer Nutzfahrzeuge abgestimmte Ladestationen (E-Ladestationen und Wasserstofftankstellen) erforderlich. Auf Langzeitparkplätzen werden viele Ladestationen benötigt, aber für das Aufladen über Nacht reicht eine begrenzte Leistung; an Tankstellen hingegen sind eine sehr hohe Leistung (Megacharger) und ausreichend Wasserstofftankstellen für das Aufladen während der Tagesrasten erforderlich.

Industrie

Um für den Industriesektor die Möglichkeiten zur Emissionsminderung und ihr Ausmaß abschätzen zu können, ist im Einzelnen zu ermitteln, wofür derzeit fossile Energieträger verwendet werden und welche emissionsfreien Alternativen es gibt.

Je nach Nutzung ist wahrscheinlich in einigen Fällen eine Umstellung auf Nullemissionen bereits heute problemlos (und vielleicht sogar kostengünstig) möglich, während die Umstellung in anderen Fällen innovative und teure Lösungen erfordert, zu denen es noch wenig Erfahrungswerte gibt.

Bislang liegen diese Informationen jedoch nicht vor, weshalb eingehende Studien als Grundlage klarer Strategien und Fahrpläne für die Dekarbonisierung einzelner Sektoren notwendig sind.

Angesichts stark steigender Energiepreise (auch aufgrund des Krieges in der Ukraine), **kann man die Belastung der Unternehmen verringern** (und gleichzeitig Anreize für den Übergang auf emissionsfreie Technologien schaffen), **indem man ihnen Möglichkeiten gibt, vor Ort oder in unmittelbarer Nähe** selbst Strom zu produzieren (hauptsächlich durch Photovoltaikanlagen) und verschiedene Energieanwendungen auf Stromträger umzustellen (Heizung, Kühlung, Mobilität, usw.). Anreize können wirtschaftlicher Natur sein, zentral ist aber auch (und oft vor allem) ein straffes und schnelles Genehmigungsverfahren, das es den Unternehmen ermöglicht, sofort zu handeln und Lösungen umzusetzen, wenn sie die Gelegenheit dazu sehen.

Heizung

Das Szenario IPCC für den Gebäudeheizungssektor zeigt, dass die Dekarbonisierungsziele mit einer Minderung der CO₂e-Emissionen um etwa 150-200 kt/Jahr im Jahr 2030 erreichbar sind.

Durch eine Reihe von bereits bestehenden Maßnahmen, die Folgendes umfassen:

- Ausbau von Fernwärmenetzen und deren Umstellung auf erneuerbare Energien;
- Effizienzsteigerung von Gebäudehüllen;
- Installation von Biomassekesseln und thermischen Solarkollektoren

werden wir in der Lage sein, die CO₂e-Emissionen um etwa 50 kt/Jahr zu reduzieren, d. h. etwa ein Drittel des Ziels zu erreichen.

Um das Ziel vollständig zu erreichen, müssen wir beschleunigen. Generell muss die Sanierungsrate von Gebäuden erhöht werden; daneben ist beim Auswechseln von Heizungsanlagen mit fossilen Energieträgern (Gaskessel, Ölkessel usw.) die Installation von Technologien mit beinahe ausschließlich erneuerbaren Energieträgern vorzusehen:

- Fernwärme aus erneuerbaren Energiequellen;
- Biomasse-Heizkessel;
- elektrische Wärmepumpen (eventuell unterstützt durch Gaskessel nur zur Abdeckung von Spitzenlasten).

Neue Gebäude und umfassend sanierte Gebäude können mit Biomassekesseln oder Wärmepumpen effizient versorgt werden. Nicht sanierte Gebäude oder Gebäude in Bergregionen können mit Biomassekesseln oder Hybridanlagen versorgt werden. Letztgenannte Lösung ermöglicht es nicht nur, den größten Teil der Wärmelasten des Gebäudes durch erneuerbare Energieträger zu decken, sondern kann auch dazu beitragen, eventuellen Widerstand von Planern und Installateuren gegen den Einsatz von Wärmepumpen in kalten Klimazonen zu überwinden.

Die Installation der neuen Anlagen ist mit Kosten verbunden, die keine negativen sozialen Auswirkungen haben dürfen.

Lokale Unternehmen (Planer, Installateure und Technologiehersteller) können von der Einführung dieser Technologien stark profitieren: 400 bis 700 Heizungsanlagen müssen pro Jahr ersetzt werden, um die IPCC-Ziele zu erreichen. Darüber hinaus sind diese Systeme heute teurer als herkömmliche, zum einen aufgrund von Skaleneffekten (Gaskessel werden in großem Umfang seit Jahren hergestellt, geplant und installiert), zum anderen, weil hybride Systeme von Natur aus komplexer sind und daher (zu Beginn) mehr Zeit für Planung und Installation benötigen.

Die Gesamtinvestitionskosten für erneuerbare Technologien sind daher höher als die für konventionelle Lösungen, was dem Sektor höhere Einnahmen und mehr Beschäftigung bringt. Die Nutzungskosten können (in Abhängigkeit von Energieeinkauf bzw. Eigenproduktion) jedoch deutlich günstiger sein.

Für die Energiewende muss also eine große Zahl an Arbeitskräften verfügbar sein, die sich den sich schnell entwickelnden und zunehmend vernetzten Technologien anpassen können, für deren effizienten Betrieb die langfristige Wartung entscheidend ist. Eine dynamischen Ausbildung und Umschulung der Arbeitskräfte ist daher unerlässlich.

Wegen dieser zentralen Bedeutung des Humankapitals gilt es, sich intensiv mit seiner Verfügbarkeit und den erforderlichen Investitionen in die Ausbildung zu befassen. Massive Investitionen in Anlagen und Technologien für die Energiewende können nutzlos sein, wenn diese nicht fachgerecht installiert und gewartet werden.

Schon heute zeichnet sich ein Mangel an qualifizierten Fachkräften ab und es wird deutlich, dass Kompetenzen und Qualifikationen verbessert werden müssen; der Sektor steht hier vor einer großen Herausforderung, die nur durch die Zusammenarbeit von Schulen, Ausbildungszentren, Verbänden, Universitäten und Forschungszentren zu bewältigen ist. Die Autonome Provinz Bozen könnte bei der Koordinierung dieser kontinuierlichen Weiterbildung von Fachkräften eine zentrale Rolle einnehmen.

Die zusätzlichen Kosten dürfen nicht von den Endnutzern getragen werden. Deshalb sollte das Instrument EPC (Energy Performance Contracting - Energiespar-Contracting) aufgewertet werden. Es wird von ESCOs (Energy Service Company - Energiedienstleistungsunternehmen) umgesetzt. Diese Unternehmen investieren in die energietechnische Gebäudesanierung und verwenden die erzielten Einsparungen sowie die öffentlichen Anreize, um die anfänglichen Kosten in den Folgejahren zu amortisieren; die anfänglichen Investitionen des Nutzers sind gering, wenn nicht sogar Null.

Bislang gibt es in Südtirol nur wenige ESCOs. **Um parallel in zahlreiche Sanierungsprojekte investieren zu können**, benötigen diese Unternehmen zudem **stabile und umfangreiche Kreditlinien (in der Größenordnung von zweistelligen Millionenbeträgen pro Jahr)**, denn die anfänglichen Investitionen werden erst im Laufe der Jahre wieder hereingeholt. Diese Kreditlinien werden in der Regel von den Energieunternehmen über Banken bereitgestellt. **Um das Entstehen neuer ESCOs und ihre Beteiligung am Markt für Gebäudesanierung zu erleichtern, könnte die Autonome Provinz Bozen über ihre Inhouse-Gesellschaften bei den lokalen Banken spezifische Bürgschaften**

überlegen. Ein solcher Mechanismus könnte auch genutzt werden, um durch kontinuierliche Überprüfung die Qualität der Anlagen zu gewährleisten.

Eine der wichtigsten Möglichkeiten, Wärmeverluste und Emissionen während des Betriebs zu verringern, ist eine fachgerechte Dämmung der Gebäudehülle, wobei der jeweilige Kontext, jahreszeitliche Schwankungen und Phänomene wie Klimawandel oder Veränderungen in den Gewohnheiten und Bedürfnissen der Nutzer zu berücksichtigen sind.

Obwohl viele Technologien bekannt sind, werden nach wie vor nur wenige Gebäude renoviert, und vor allem werden sehr wenige Gebäude umfassend und systematisch renoviert. Sanierungen der Gebäudehülle sind für ESCOs oft unattraktiv, da die Amortisationszeiten lang sind, es technische (und damit finanzielle) Risiken gibt und diverse Unsicherheiten bestehen (Installation, Nutzung, ...). Dazu kommt, dass Eigentümer, die nicht auch Nutzer des Gebäudes sind, nicht in den Genuss der direkten Vorteile einer Gebäudehüllensanierung kommen können und somit nicht motiviert sind, in so eine Sanierung zu investieren.

Alternative Anreizmechanismen könnten hilfreich sein; diese können den Immobilienwert des Gebäudes oder der einzelnen Wohnung betreffen, mögliche Steuerermäßigungen für Eigentümer auf Grundlage der getätigten Investitionen, oder eine Steigerung des Mietwerts aufgrund der höheren Qualität der Bauten und der Innenräume.

Die lokalen Verwaltungen können die Gebäudehüllensanierungen auf verschiedene Weise fördern⁸²: indem sie die Entwicklung innovativer nachhaltiger Lösungen unterstützen, die den gesamten Lebenszyklus der Produkte berücksichtigen (solche Lösungen sollten die Auswirkungen auf Gebäudeeigentümer und -nutzer minimieren); indem sie technische Unterstützung für die verschiedenen beteiligten Akteure bereitstellen, von Unternehmen bis zu den Endnutzern (z. B. durch die Ausweitung der Initiative „Energie-Check“ der KlimaHaus-Agentur auf die gesamte Lieferkette); indem die administrativen Verfahren vereinfacht und modernisiert werden (einschließlich der Digitalisierung der Dokumentation und der Verwendung von BIM-Umgebungen); indem sie generell die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren erleichtern, um so ein gemeinsames Engagement zu erreichen; und die Vorteile von Sanierungsmaßnahmen für Gesundheit und Wohlbefinden hervorgehoben werden.

Einen Umbau des Südtiroler Gebäudebestands zu fördern, der sich an mittel- und langfristigen Zielvorgaben in Bezug auf Energieverbrauch, Emissionen, Umwelt und soziale Auswirkungen orientiert, bedeutet, in die Resilienz der lokalen Wirtschaft zu investieren.

Verbindet man außerordentliche Instandhaltungsarbeiten mit Maßnahmen zur Verbesserung von Energieeffizienz, Innenraumkomfort und architektonischer Qualität, verursacht dies geringe Extrakosten mit kurzen Amortisationszeiten.

Die Sanierung der Gebäudehülle mit modularen Fassadensystemen (industriell vorgefertigt aber flexibel an spezifische architektonische und technische Anforderungen angepasst produziert) ermöglicht es, die Lebenszykluskosten zu senken, insbesondere dort wo es wichtig ist, die Bau-

zeiten zu minimieren. Die Verwaltung kann diese Systeme fördern, indem sie die Demontage mit betrachtet, um die Wartung sowie die Entsorgung am Ende des Lebenszyklus zu erleichtern und den Abfall zu minimieren.

Für Vermieter könnte man schließlich an eine Art abnehmende Ertragsbesteuerung denken, die sich nach den tatsächlichen Leistungen der Gebäude richtet. Diese Leistungen müssten mit objektiven Methoden bewertet werden, wobei der gemessene und von den Nutzern wahrgenommene Komfort ebenso zu berücksichtigen ist wie die Effizienz, mit der die zur Aufrechterhaltung dieses Komforts nötige nicht erneuerbare Energie verbraucht wird. Entsprechende standardisierte Mess- und Verifizierungsstrategien zu entwickeln könnte Gegenstand einer Zusammenarbeit zwischen der KlimaHaus-Agentur und lokalen Forschungseinrichtungen sein.

5.4. ANSTIEG DES STROMVERBRAUCHS

Ziel dieses Kapitels ist abzuschätzen, um wie viel die Stromnachfrage durch Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors steigt, und zu ermitteln, welche installierte Photovoltaikleistung erforderlich ist, um diese gesteigerte Nachfrage auszugleichen. Für die Schätzung der installierten Photovoltaikleistung wurde davon ausgegangen, dass eine durchschnittliche Photovoltaikanlage 1.100 Vollaststunden in der Produktion aufweist (1100 kWh Stunden Produktion / kW installierter Leistung). Dabei wurde nur die jährliche Gesamtsumme bewertet, ohne zu berücksichtigen, ob Nachfrage und Erzeugung gleichzeitig zunehmen.

Abb. 23 zeigt die beiden oben genannten Größen für das Szenario ACTUAL und das Szenario IPCC im Transportsektor. Im Szenario ACTUAL werden zusätzlich 150 MW an installierter PV-Leistung benötigt, um den Anstieg der Nachfrage auszugleichen. Im Szenario IPCC steigt diese Zahl auf 350 MW.

⁸² ECSO, Renovating the building envelope – Quo vadis?, Trend paper series, December 2021

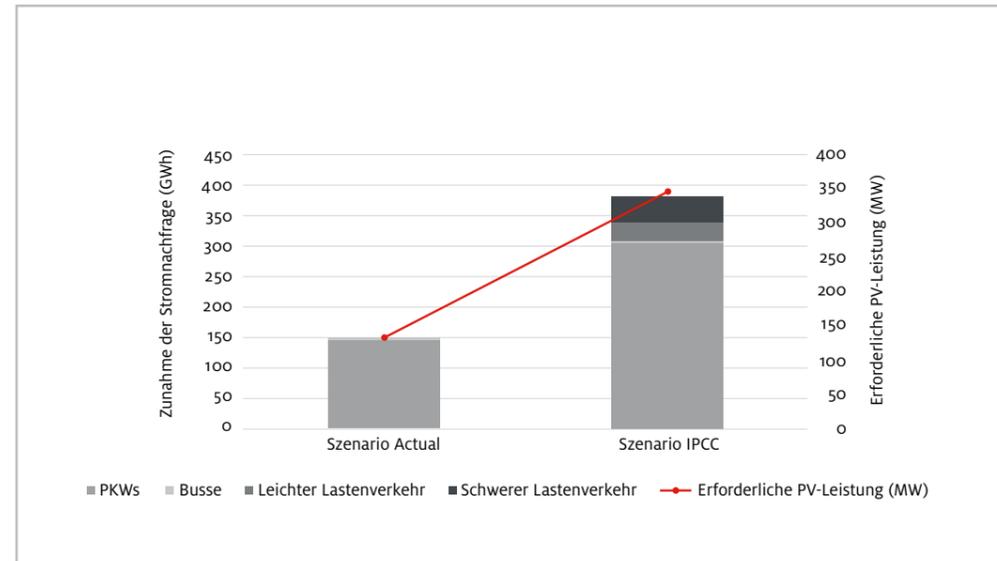


Abb. 23. Abdeckung durch Photovoltaik der gestiegene Stromnachfrage aufgrund der Elektrifizierung des Verkehrs (mit Beiträgen aus jedem Teilsektor)

Abb. 24 hingegen zeigt den Anstieg der Stromnachfrage und die zum Ausgleich erforderliche PV-Leistung für die Szenarien ACTUAL und IPCC im Heizungssektor. Im Szenario ACTUAL werden weniger als 50 MW benötigt, im Szenario IPCC hingegen 230 MW mehr.

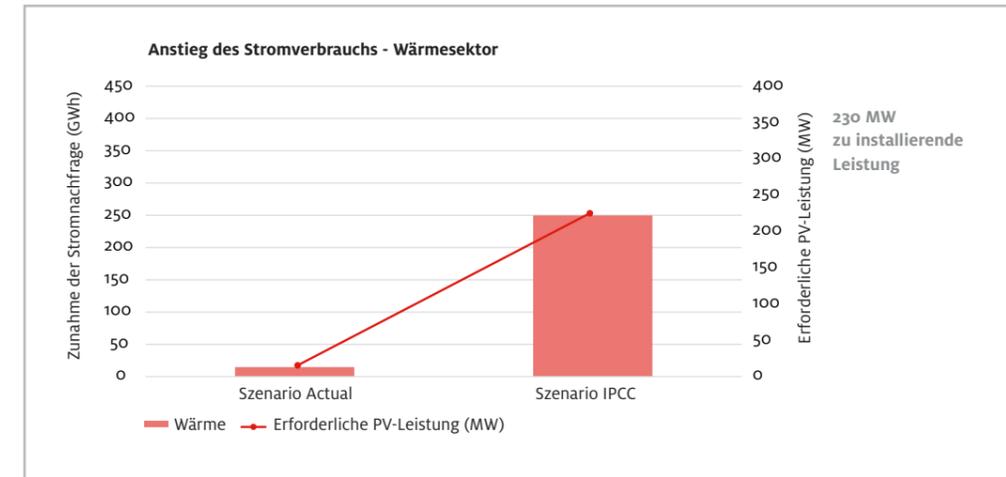


Abb. 24. Abdeckung durch Photovoltaik der gestiegene Stromnachfrage aufgrund der Elektrifizierung des Wärmesektors

Die Summe der Stromverbrauchsbeiträge im Verkehr und Heizsektor führt dazu, dass im Vergleich zum heutigen Stand beinahe 600 MW Photovoltaikleistung zusätzlich installiert werden müssen.

In dieser Schätzung werden **jedoch zwei wichtige Faktoren nicht berücksichtigt:**

- Es wurden nur die Sektoren Transport und Heizung einbezogen. **Der Industriesektor wurde nicht berücksichtigt.** Nach dem Szenario IPCC muss die Industrie jedoch ihre CO₂-Emissionen bis 2030 um 40 % reduzieren. In vielen Fällen bedeutet dies die Umstellung von derzeit mit Erdgas betriebenen Heizsystemen auf elektrische Systeme (Wärmepumpen oder elektrische Heizelemente). Je nach den erforderlichen Temperaturen kann dies wiederum erhebliche Auswirkungen haben (sogar in einer ähnlichen Größenordnung wie im Wärme- und/oder Stromsektor). Für genauere Schätzungen bedarf jedoch weiterer Untersuchungen.
- Außerdem wurde **ein möglicher Weg zur teilweisen Dekarbonisierung mit fossiler Energie gespeister Fernwärmenetze** nicht berücksichtigt. Wie bereits erwähnt, können mehrere technologische Optionen miteinander kombiniert werden, aber Wärmepumpen werden – zumindest teilweise – auch hier eine Rolle spielen, was zu einem weiteren Anstieg des Stromverbrauchs führen wird.

Abschließend wurde nicht berücksichtigt grünen Wasserstoff in Südtirol zu produzieren. Sollte dieser im Schwerverkehr oder im Industriesektor deutlich Einzug finden führt dies noch mal zu deutlich höherem grünen Energiebedarf.

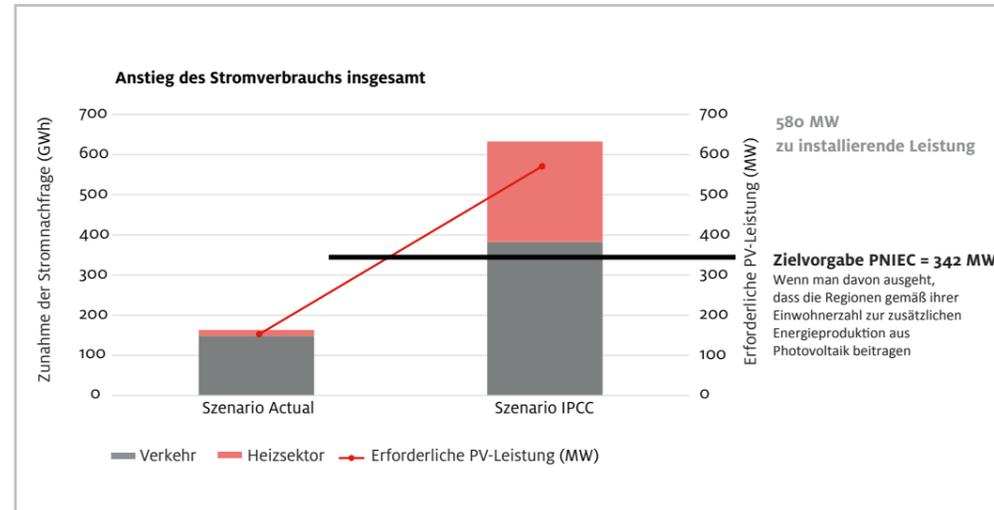


Abb. 25. Abdeckung durch Photovoltaik der gestiegenen Stromnachfrage aufgrund der Elektrifizierung im Verkehr und im Heizsektor

Für die Photovoltaik ist auch das nationale Ziel zu berücksichtigen. Der Nationale Integrierte Energie- und Klimaplan⁸³ sieht bis 2030 eine installierte PV-Leistung von 55 GW vor, eine Kapazität, die im Hinblick auf die neuen europäischen Ziele höchstwahrscheinlich auf 75 GW aktualisiert werden wird. Um dieses Ziel zu erreichen, muss jede Region ihren anteilmäßigen Beitrag leisten. Bei 59,55 Millionen Einwohnern in Italien und 0,52 Millionen in Südtirol bedeutet das nationale Ziel 55 GW installierter Leistung für Südtirol zusätzliche 291 MW. Nimmt man hingegen den Wert von 75 GW an, sind für Südtirol zusätzliche 465 MW erforderlich. Das Szenario IPCC würde es daher ermöglichen, das nationale Ziel für die installierte PV-Leistung zu erreichen und zu übertreffen, und zwar mit einer zusätzlich installierten Leistung von knapp 600 MW.

⁸³ Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan, Piano nazionale integrato per l'energia e il clima 2030 (PNIEC): <https://www.energiaenitalia.it/glossario-efficienza-energetica/lettera-p/piano-nazionale-integrato-per-l-energia-e-il-clima-2030-pniec.html#:~:text=Il%20Piano%20Nazionale%20Integrato%20per,nostro%20Paese%20verso%20la%20decarbonizzazione.>

6.

Emissionen der Südtiroler Landwirtschaft und Szenarien zur Erreichung der Klimaneutralität

Autoren:

Georg Niedrist, Janin Höllrigl, Ulrike Tappeiner (Institut für Alpine Umwelt)

6.1. EINLEITUNG

Treibhausgasemissionen aus dem Landwirtschaftssektor können aus verschiedenen Blickwinkeln quantifiziert werden. Da wären zum einen jene Emissionen, die innerhalb eines abgegrenzten Gebiets, in diesem Fall Südtirol, direkt durch Anbau und Viehhaltung entstehen. Dazu zählen beispielsweise Lachgasemissionen infolge von Düngung, Methanemissionen von Wiederkäuern wie Rind und Schaf oder CO₂-Emissionen durch Traktoren. Diese direkten Emissionen der Landwirtschaft sind relativ klar zuzuordnen und anhand von Standardprotokollen einheitlich quantifizierbar. Da die Emissionsquellen oft im direkten Einflussbereich politischer Entscheidungen liegen, bieten sich hier häufig unmittelbare Möglichkeiten zur Reduktion.

Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft können aber auch aus der Perspektive der Untersektoren – Obst- und Weinwirtschaft, Viehwirtschaft – analysiert werden, etwa indem man untersucht, wie viele Emissionen innerhalb des Sektors im Verlauf der gesamten Produktionskette eines Lebensmittels bis zum Verkauf anfallen. Dabei fließen folgende Komponenten ein:

- Emissionen aus dem Anbau oder der Viehhaltung vorgelagerten Prozessen (z. B. aus der Herstellung von Dünge- und Futtermitteln)
- direkte Emissionen aus Anbau und Viehhaltung (s.o.)
- Emissionen, die nach der Ernte anfallen, auch bei der Verarbeitung, Lagerung und Verpackung

In diesem Fall werden also Emissionen addiert, die in verschiedenen Sektoren (Landwirtschaft, Energie, Verkehr), aber auch in verschiedenen Regionen der Welt anfallen, was sowohl die Berechnung als auch eine regionalpolitische Steuerung schwieriger macht. Hilfreich ist diese Perspektive, um zu verstehen, wo in der Wertschöpfungskette eines Sektors am meisten Emissionen anfallen bzw. wo das höchste Einsparpotential liegt.

Eine dritte Möglichkeit ist, die Emissionen aus der Perspektive des Konsums zu betrachten; Grundlage der Berechnung sind dann die Ernährungsgewohnheiten sowie die sog. Carbon Footprints der Lebensmittel. Dieser Ansatz gibt dem/der Einzelnen die Möglichkeit, die Klimarelevanz seiner Ernährung zu ermitteln, ist aber mit sehr hohen Unsicherheitsfaktoren behaftet. So fehlen oft genaue Angaben zu Produktionsvorgängen und Ernährungsgewohnheiten oder eine klare Abgrenzung der Systemgrenzen für den Carbon Footprint.

Um die Klimawirkung von Treibhausgasen beschreiben und vergleichen zu können, drückt man ihr Potenzial, die Erde zu erwärmen, in CO₂-Äquivalenten (CO₂e) aus. Die Landwirtschaft setzt vor allem Methan und Lachgas, zwei sehr starke Treibhausgase, frei. Methan wirkt unmittelbar um ein Vielfaches stärker als CO₂, wird dafür in der Atmosphäre aber sehr viel schneller abgebaut; über einen Zeitraum von 100 Jahren hat ein Kilogramm Methan damit etwa die gleiche Wirkung auf das Klima wie 25 kg CO₂. Lachgas ist sogar fast 300-Mal klimaschädlicher als CO₂. Methan trägt zwar zum Treibhausgasereffekt nicht so viel bei wie CO₂ – es ist für etwa 15 Prozent der Erderwärmung verantwortlich, CO₂ für über 75 Prozent; aber weil die Lebensdauer von Methan in der Atmosphäre nur etwa 10 Jahre beträgt, im Vergleich zu mehreren hundert Jahren bei CO₂, könnte eine Reduktion der Methanemissionen relativ schnell Wirkung zeigen. Auf der globalen Klimakonferenz COP26 in Glasgow haben sich deshalb 103 Länder auf das Ziel verpflichtet, die globalen Methan-Emissionen, ausgehend vom Stand 2020, bis 2030 um 30 % zu senken.

6.2. TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER SÜDTIROLER LANDWIRTSCHAFT: DIREKTE, TERRITORIALE EMISSIONEN

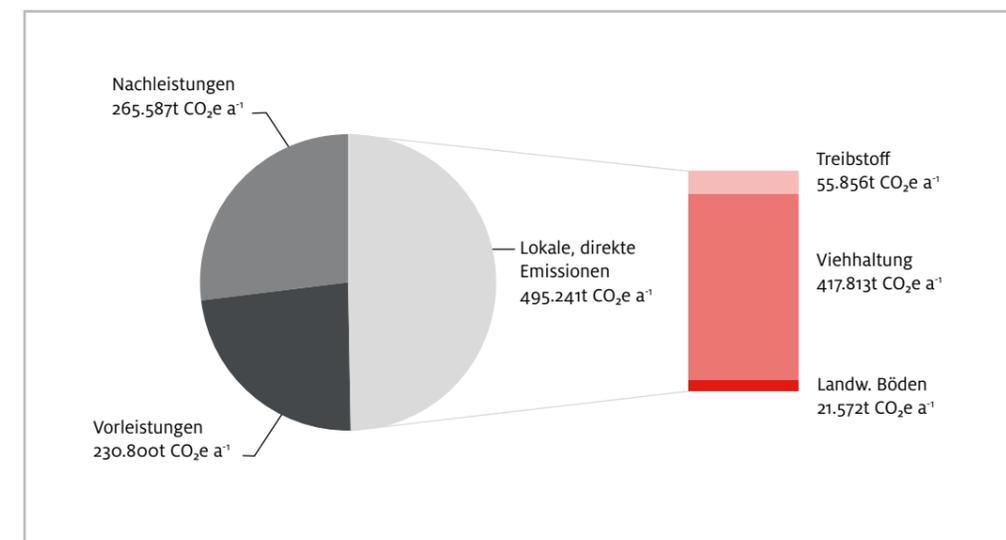


Abb. 26. Treibhausgasemissionen der Südtiroler Landwirtschaft mit Vorleistungen, direkten territorialen Emissionen und Nachleistungen.

Die direkten Emissionen der Landwirtschaft in Südtirol wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit Eurac Research erhoben⁸⁴; der folgende Abschnitt und die darin enthaltenen Grafiken decken sich deshalb in großen Teilen mit diesem Kapitel. In besagter Masterarbeit werden im Wesentlichen die Rahmenmethoden des Weltklimarates^{85,86} zur Erstellung nationaler Treibhausgas-Inventare angewandt. Die Methode berücksichtigt verschiedene Formen landwirtschaftlicher Produktion (intensiv – extensiv) und schlüsselt die direkten Emissionen der Landwirtschaft nach den Kategorien Energieverbrauch, Tierhaltung und landwirtschaftliche Böden auf. Vor allem für die Apfelwirtschaft konnte dabei auf lokale Studien der Universität Bozen zurückgegriffen werden⁸⁷. Details zur Methodik sowie weiterführende Literatur finden sich in Höllrigl 2021.

In der Berechnung sind die Emissionen der drei wichtigsten Südtiroler Landwirtschaftszweige (Viehwirtschaft, Obst- und Weinbau) berücksichtigt. Die im Ackerbau anfallenden Emissionen stammen überwiegend aus der Düngung. Nachdem in der Praxis ein Teil der Ackerflächen mit lokalem, organischem Wirtschaftsdünger gedüngt werden, sind die daraus entstehenden Lachgasemissionen bereits im Teilbereich „Wirtschaftsdünger“ der Viehhaltung inbegriffen. Der Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger im Südtiroler Ackerbau und die damit zusammenhängenden Emissionen sind mangels belastbarer Daten hier nicht berücksichtigt. Diese Emissionen müssten ggf. zum Teilbereich „landwirtschaftliche Böden“ addiert werden.

Unter diesen Voraussetzungen resultieren für die Südtiroler Landwirtschaft im Jahr 2020 insgesamt 495.240 t CO₂e an direkten Emissionen. Diese teilen sich nach dem IPCC-Ansatz wie folgt auf:

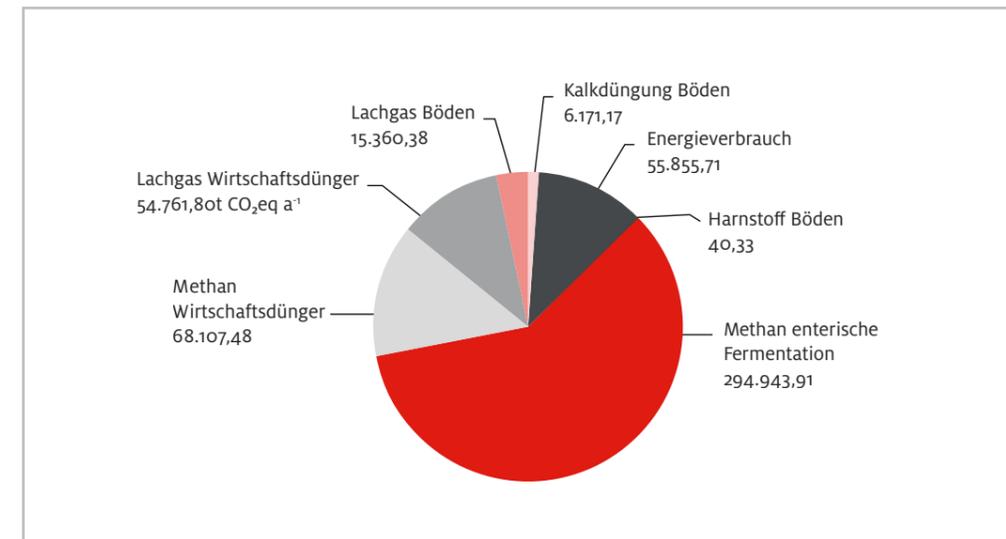


Abb. 27. Zusammensetzung der direkten, territorialen Treibhausgasemissionen der Südtiroler Landwirtschaft

Ein Teil des Wirtschaftsdüngers (von ca. 10.000 Großvieheinheiten (GVE)⁸⁸, wird nachträglich in Biogasanlagen verwertet. Bei einer angenommenen Nutzungseffizienz von 50-80 % des Methans^{89,90} kann man von einer Reduktion von ca. 5000t CO₂ für den Bereich Methan Wirtschaftsdünger ausgehen.

Im Bereich Energie ist zu beachten, dass nur der der Landwirtschaft zugeteilte Treibstoff eindeutig dem Sektor zugeordnet werden kann. Andere (vorwiegend elektrische) Energieaufwände, z. B. für Melkmaschinen oder Kühlung, sind hier nicht berücksichtigt. Sie sind aber – ebenso wie der landwirtschaftliche Treibstoff – in der Gesamtbilanz für Südtirol im Bereich Energie berücksichtigt.

Die daraus resultierenden 490.000 t CO₂eq entsprechen 18,8 % der Gesamttreibhausgasemissionen Südtirols. 72 % dieser Emissionen entfallen auf Methan, 14 % auf Lachgas und 14 % auf CO₂. 85 % der direkten, territorialen Emissionen sind auf die Tierhaltung und das damit zusammen-

⁸⁴ Höllrigl, J. 2021: Treibhausgas-Emissionen aus der Südtiroler Land- und Ernährungswirtschaft. Masterarbeit Universität Innsbruck.
⁸⁵ IPCC, 2006: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
⁸⁶ IPCC, 2019: Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
⁸⁷ Zanutelli D., Montagnani L., Manca G., Scandellari F., Tagliavini M., 2015: Net ecosystem carbon balance of an apple orchard. *Europ. J. Agronomy* 63:97-104 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.002>

⁸⁸ Autonome Provinz Bozen-Südtirol, 2022: Biogas. <https://www.provinz.bz.it/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/bauernhof/biogas.asp>
⁸⁹ Energieplus 2021: Untersuchungen zum Umfang von Methanemissionen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. <https://energieplus.com/2021/10/05/untersuchung-zum-umfang-von-methanemissionen-bei-landwirtschaftlichen-biogasanlagen-publiziert/> (17.07.22)
⁹⁰ Deutsche Umwelthilfe, 2018: Methanminderung für kosteneffizienten Klimaschutz in der Landwirtschaft. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Verkehr/Methan/Minus-Methan_Hintergrundpapier-Sammlung.pdf (17.07.22)

hängende Wirtschaftsdüngermanagement zurückzuführen, 11 % auf den Energieverbrauch (nur Treibstoff) und 4 % sind Emissionen aus Böden, verursacht durch mineralische Stickstoff-, Kalk- und Harnstoffdüngung.

Der Anteil der Landwirtschaft an den gesamten Emissionen ist in Südtirol im Vergleich zu Deutschland (8 %⁹¹), Österreich (10 %⁹²) und Italien (7 %⁹³) relativ hoch, was sich aber einfach durch die relativ hohe Anzahl gehaltener Rinder bei gleichzeitigem Fehlen von fossilen Kraftwerken oder energieintensiver Schwerindustrie erklärt.

Der im November 2021 vorgestellte Emissionskataster der Autonomen Provinz Bozen Südtirol⁹⁴ führt ebenfalls landwirtschaftsbezogene Treibhausgase an. Diese Berechnung basiert auf der staatlichen INEMAR Methode (<https://www.inemar.eu>) und weicht in einigen Punkten leicht vom hier verwendeten IPCC-Ansatz ab (Siehe Tabelle 4). Trotzdem ergeben sich für die Landwirtschaft annähernd gleiche Emissionswerte, sodass trotz der methodisch bedingten Schwankungsbreite – besonders im Bereich Viehwirtschaft wurden die meisten Daten gemäß TIER 1 Standard verwendet⁹⁵ – von einem relativ robusten Ergebnis ausgegangen werden kann.

METHODE	INEMAR	IPCC
Berechnungsgrundlage	Anzahl der Tiere je Klasse;	Anzahl der Tiere je Klasse; Intensität der Produktion Düngermanagement
Datenquelle	Landwirtschaftszählung 2010	Agrar- und Forstbericht 2019
Umrechnungsfaktoren	CH ₄ : CO ₂ : N ₂ O 21 : 1 : 310	CH ₄ : CO ₂ : N ₂ O 25 : 1 : 298
Weitere Unterschiede	Nur Stickstoffdüngung	Auch Kalk- und Harnstoffdüngung
Emissionen [CO ₂ eq] (ohne Energie)	449.690 t	434.845 t

Tabelle 4. Vergleich zwischen der im Emissionskataster der Provinz angewandten sog. INEMAR Methode und dem angepassten IPCC-Ansatz in der Arbeit von Höllrigl 2021

⁹¹ Umweltbundesamt, 2021: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> (17.07.22)
⁹² Umweltbundesamt, 2019: <https://www.umweltbundesamt.at/news210119/sectoren> (17.07.22)
⁹³ ISPRA, 2019: <https://annuario.isprambiente.it/pon/basic/4> (17.07.22)
⁹⁴ Cemin, A. 2021: Das Emissionskataster; Landesagentur für Umwelt- und Klimaschutz, Amt für Luft und Lärm, Autonome Provinz Bozen- Südtirol.
⁹⁵ IPCC, 2019: Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

6.3. TREIBHAUSGASEMISSIONEN FÜR VIEHWIRTSCHAFT, OBST- UND WEINWIRTSCHAFT

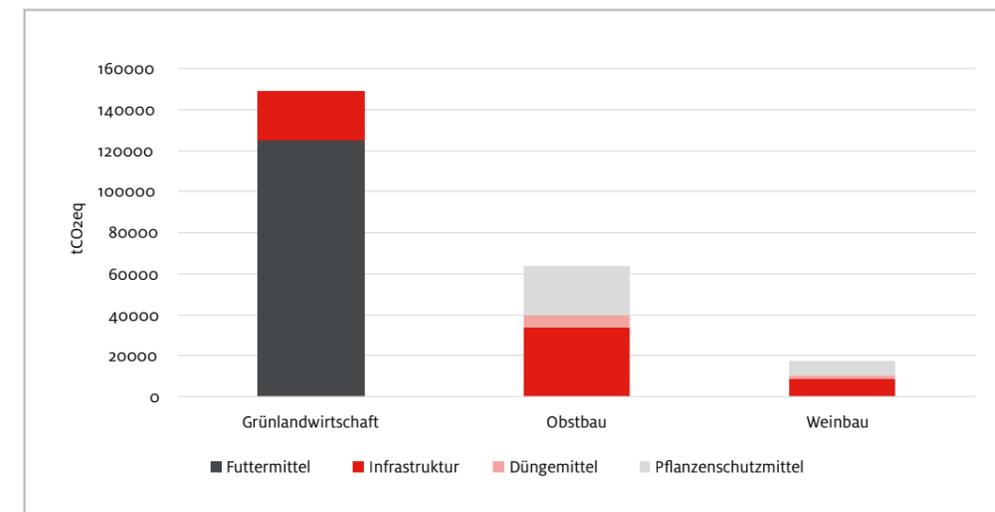


Abb. 28. Emissionen aus Vorleistungen nach Sektoren

In der Arbeit von Höllrigl⁹⁶ wurden auch die Emissionen aus Vor- und Nachleistungen für die drei wichtigsten Agrarsektoren Viehwirtschaft, Obst- und Weinbau über einen top-down Ansatz und Literaturdaten berechnet. Demnach verursachen Vorleistungen jährlich 230.800 t CO₂e, hauptsächlich außerhalb der Provinzgrenzen. Der größte Anteil entfällt mit 54 % auf die Produktion von Futtermitteln für die Viehwirtschaft. Gleichzeitig ist diese Komponente methodisch auch mit den größten Unsicherheiten behaftet, da die Futtermittel aufgrund der „Gentechnikfrei“-Deklaration zwar meist aus Europa stammen dürften, deren Bezug aber nicht losgelöst vom globalen Futtermittelmarkt betrachtet werden kann. Damit ist gemeint, dass die in Südtirol verwendeten Futtermittel zwar größtenteils in Europa angebaut werden, der Bedarf aber die knappe Verfügbarkeit von Europäischem Soja zusätzlich verschärft, die aktuell nur durch Überseeerzeugung, speziell aus Brasilien ausgeglichen werden kann, was die Treibhausgasbilanz deutlich verschlechtert. Auf die Produktion und Instandhaltung der Infrastruktur – u. a. Maschinen und Fahrzeuge, Hagelnetze und Bewässerungssysteme – entfallen 29 % der Vorleistungs-Emissionen. Der Rest entsteht bei der Produktion von Pflanzenschutzmitteln (14 %) und Düngemitteln (3 %) für den Obst- und Weinbau.

⁹⁶ Höllrigl, J. 2021: Treibhausgas-Emissionen aus der Südtiroler Land- und Ernährungswirtschaft. Masterarbeit Universität Innsbruck.

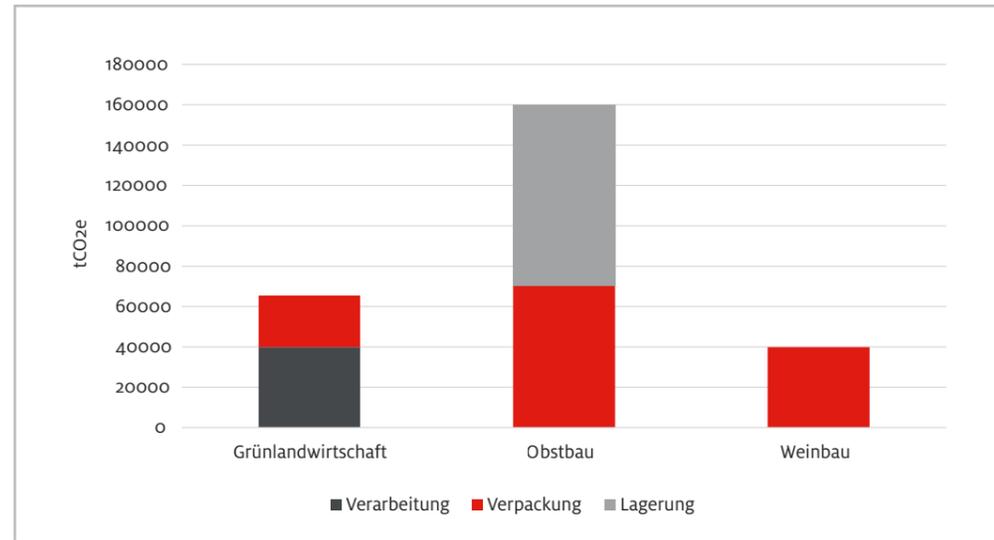


Abb. 29. Emissionen aus Nachleistungen nach Sektoren

Durch die Verarbeitung, Verpackung und Lagerung in den Sektoren Viehwirtschaft, Obst- und Weinbau entstehen jährlich 265.587t CO₂e, wobei diese Emissionen teils innerhalb (Energie für Lagerung) und teils außerhalb der Provinzgrenzen (Verpackung) anfallen. Ca. 60 % davon entstehen bei der Lagerung und Verpackung der Südtiroler Äpfel, gefolgt von der Verarbeitung und Verpackung der Milchprodukte (25 %) und des Weins (15 %), vor allem durch das energieaufwendige Verfahren der Glasflaschenproduktion. Vor allem im Hinblick auf die Vor- und Nachleistungen in der Viehwirtschaft sowie die Nachleistungen in der Apfelwirtschaft sind die öffentlich verfügbaren Daten unbefriedigend (Tabelle 5). Um die Emissionen in diesen Bereichen detaillierter aufzuschlüsseln und die Zahlen ggf. korrigieren zu können, wären für diese Bereiche zusätzliche Daten wünschenswert.

PARAMETER DER SEKTORBEZOGENEN TREIBHAUSGASBILANZ	DATENQUALITÄT
Energie (Treibstoff)	Gut (TIER 3)
Viehhaltung & Böden	Zufriedenstellend (TIER 1-2)
Viehwirtschaft: Vor- und Nachleistungen	Lückenhaft (TIER 1)
Apfelwirtschaft Vorleistungen	Zufriedenstellend (TIER 2)
Apfelwirtschaft Nachleistungen	Lückenhaft (TIER 1)
Weinwirtschaft: Vor- und Nachleistungen	Zufriedenstellend (TIER 2)

Tabelle 5. Datenqualität für die einzelnen Parameter der Treibhausgasbilanz. TIER bezieht sich auf die Genauigkeit des Ansatzes nach IPCC 2019. Die Skala reicht von TIER 1 (globale Daten/Modelle) bis zu TIER 3 (lokale, empirische Daten)

Die Vor- und Nachleistungen für die drei untersuchten Sektoren verursachen zusammengekommen auch etwa dieselbe Menge an Treibhausgasen, wie durch die Grünlandwirtschaft und Anbau innerhalb der Provinz entstehen (siehe Fig. 28). Insgesamt können daher jährlich ca. 990.000 t CO₂e den Sektoren Viehwirtschaft, Obstwirtschaft und Weinwirtschaft zugeschrieben werden. Details zur Methodik sowie weiterführende Literatur finden sich wie erwähnt in Höllrigl (2021).

6.4. EMISSIONEN AUS LANDNUTZUNG

Neben den Emissionen durch die direkte landwirtschaftliche Tätigkeit wird in den Nationalen Inventur-Vorgaben des IPCC (Common Reporting Format) „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ als eigenes Kapitel ausgewiesen. In diesen Sektor fallen die ober- und unterirdischen Kohlenstoffänderungen, die sich im Laufe der Zeit über alle Landnutzungsformen hinweg aufgrund der jeweiligen Bewirtschaftung oder einer Änderung der Nutzung ergeben. Es wird geschätzt, dass global durch den Sektor Landnutzung 5,2 Gt CO₂e emittiert werden⁹⁷, beispielsweise durch Rodungen oder Umwandlung von Grünland in Ackerland – diese Menge entspricht 13 % der anthropogenen Nettoemissionen. Gleichzeitig werden aktuell durch den Landnutzungssektor auch 11,2 Gt CO₂e gespeichert, z. B. durch die temperaturbedingte Ausbreitung des Waldes. In Summe stellt der Sektor Landnutzung aktuell auch eine Nettosenke von 6,0 Gt CO₂e dar, die vor allem auf die CO₂-Absorption der Wälder zurückzuführen ist. Methodisch können diese Emissionen entweder direkt über CO₂-Flussmessungen bestimmt werden, indirekt über die zeitliche Veränderung der Kohlenstoffgehalte (Treibhausgasinventur) oder mittels Simulationsmodellen. In Südtirol gibt es bisher nur vereinzelt Ansätze, die landnutzungsbedingten Emissionen abzuschätzen, ein umfassendes Bild des Sektors fehlt noch. So gibt es aktuell drei Messtationen, die kontinuierlich den Netto-CO₂-Fluss zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre messen, nämlich am Ritten (Fichtenwald - betreut durch die Forstbehörde bzw. Universität Bozen), in Kaltern (Weinbau betreut durch Universität Bozen, und in Matsch (Grünland - betreut durch Universität Innsbruck und Eurac Research). Eine inzwischen abgeschlossene mehrjährige Messreihe mit CO₂-Flussmessungen gibt es für den Apfelanbau (Universität Bozen). Zusätzlich fanden im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte zeitlich begrenzte Messungen in geschlossenen Systemen (Messkammern) statt, z. B. im Gletschervorfeld⁹⁸ oder im Intensivgrünland (Obojes, unpubl. Daten). Systematische Messungen anderer Treibhausgasflüsse, etwa von Methan oder Lachgas, sind aktuell (Mai 2022) für Südtirol nicht bekannt.

Indirekte Ansätze zur Ermittlung der Emissionen der Landnutzung sind weniger zeit- und kostenintensiv als die direkten Methoden, setzen aber eine gute Datengrundlage hinsichtlich

⁹⁷ Jia, G., Shevliakova, E., Artaxo, P., Noblet-Ducoudré, N. D., Houghton, R., House, J., Kitajima, K., Lennard, C., Popp, A., Sirin, A., Sukumar, R., & Verchot, L. 2019. Land-climate interactions. In Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

⁹⁸ Varolo E., Zanotelli D., Montagnani L., Tagliavini M., Zerbe S. (2016): Colonization of a Deglaciated Moraine: Contrasting Patterns of Carbon Uptake and Release from C3 and CAM Plants. PLoS ONE 11(12): e0168741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168741>

Landnutzung und Kohlenstoffgehalte in Biomasse und Boden voraus. Zwar liegen für Südtirol in regelmäßigen Abständen Luftbilder und Orthofotos vor, aus denen die Landnutzungen abgeleitet werden, können⁹⁹, doch gibt es noch nicht lange genug detaillierte Flächenangaben zur Landnutzung (LAFIS), um eine verlässliche Abschätzung der Kohlenstoffveränderungen zu ermöglichen. Erschwerend kommt hinzu, dass es derzeit nur punktuell empirische Daten zum Gesamtkohlenstoffgehalt einzelner Landnutzungen¹⁰⁰ gibt. Höllrigl¹⁰¹ beziffert die Kohlenstoffbilanz aufgrund von Landnutzungsänderungen mit Negativemissionen (Senke) von 40 kt CO₂e pro Jahr).

Der Wald nimmt in den Berechnungen der landnutzungsbezogenen Emissionen schon allein aufgrund seiner Flächenausdehnung (50 %¹⁰²) eine Sonderstellung ein. Wie in Österreich¹⁰³ wurde auch in Südtirol der Wald bis ins späte 19. Jh. durch Streunutzung, Almwirtschaft oder Bergbau intensiv genutzt. Durch den zurückgehenden Nutzungsdruck (Verbrachen der Almen, Verdichtung der Bestandesstruktur¹⁰⁴ bildet der Wald daher aktuell eine Kohlenstoffsänke. Dies zeigen sowohl die Daten der Kohlenstoff-Flussmessungen (S. Minerbi¹⁰⁵, als auch die Daten der Forstinventur¹⁰⁶. Insgesamt kann man davon ausgehen, dass, auch aufgrund des Klimawandels der Höhepunkt dieser Absorptionsleistung bereits überschritten ist^{107,108}.

Die kurze Bestandsaufnahme zeigt, dass zwar punktuelle Schätzungen und Daten zur Kohlenstoffbilanz vorliegen, diese aber noch nicht ausreichen, um den Bereich Landnutzung und Forst gemäß IPCC Zustandsbericht ausreichend zu quantifizieren. Kurz- und mittelfristig ist es daher notwendig, mehr empirische Daten zu Kohlenstoffgehalten in den einzelnen Landnutzungstypen zu erheben und zu bewerten, sowie die Landnutzungsänderungen der vergangenen 20 Jahre vertiefend zu analysieren.

⁹⁹ Tasser E., Walde J., Tappeiner U., Teutsch A., Noggler W. (2007): Landuse changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps. *Agric Ecosyst Environ* 118:115–129. doi:10.1016/j.agee.2006.05.004

¹⁰⁰ Nagler M., Fontana V., Lair G.J., Radtke A., Tasser E., Zerbe S., Tappeiner U. 2015: Different management of traditional larch grasslands in the European Alps shows low impact on above- and belowground carbon stocks. *Agriculture Ecosystem and Environment* 2013, 186-193, DOI: 10.1016/j.agee.2015.08.005

¹⁰¹ Höllrigl, J. 2021: Treibhausgas-Emissionen aus der Südtiroler Land- und Ernährungswirtschaft. Masterarbeit Universität Innsbruck.

¹⁰² Autonome Provinz Bozen- Südtirol, 2020: Agrar- und Forstbericht 2020

¹⁰³ Gingrich, S., Lauk, C., Kastner, T., Krausmann, F., Haberl, H., & Erb, K.-H., 2016: A forest transition: Austrian carbon budgets 1830–2010. In H. Haberl, M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, & V. Winiwarter (Eds.), *Social ecology: Society-nature relations across time and space* (pp. 417–431). Springer International Publishing

¹⁰⁴ Tasser E., Walde J., Tappeiner U., Teutsch A., Noggler W. (2007): Landuse changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps. *Agric Ecosyst Environ* 118:115–129. doi:10.1016/j.agee.2006.05.004

¹⁰⁵ Zebisch M., Vaccaro R., Niedrist G., Schneiderbauer S., Streifeneder T., Weiß M., Troi A., Renner K., Pedoth L., Baumgartner B., Bergonzi V. (Herausgeber), *Klimareport – Südtirol 2018*, Bozen, Italien: Eurac Research, 2018

¹⁰⁶ Cemin, A. 2021: Das Emissionskataster; Landesagentur für Umwelt- und Klimaschutz, Amt für Luft und Lärm, Autonome Provinz Bozen- Südtirol.

¹⁰⁷ Klein, D., Schulz C. (2012): Die Kohlenstoffbilanz der Bayerischen Forst- und Holzwirtschaft. (Bayrische Forstverwaltung)

¹⁰⁸ Le Noe, J. Erb, K.H., Matej, S., Magerl, A., Bhan, M., Gingrich S. (2021): Enhanced growth–more than reforestation–counteracted biomass carbon emissions (1990-2020) (Preprint)

6.5. BESTEHENDE KLIMASTRATEGIEN UND REDUKTIONSMASSNAHMEN IN SÜDTIROL UND AUSGEWÄHLTEN STAATEN

Italien hat sich durch verschiedene gesetzliche Rahmenbedingungen (Green Deal, fit for 55, siehe Kapitel 2) verpflichtet, seine Emissionen bis 2030 um 45 % gegenüber 1990 zu reduzieren bzw. bis 2050 klimaneutral zu werden. Für den Landnutzungs- und Forstsektor (LULUCF) sieht ein 2021 ausgearbeiteter Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments sogar noch weitreichendere Regeln vor, die – unter Einhaltung des geltenden LULUCF-Rechtsrahmens – auf eine Reduktion der CO₂e bis 2030 von 310 Mio t CO₂e und auf eine Klimaneutralität des gesamten Sektors bis 2035 abzielen¹⁰⁹. Dem entsprechend skizzieren die EU-Mitgliedsstaaten in ihren jeweiligen Klimaplänen Maßnahmen und Strategien, die zu einer klimaneutralen Land- und Forstwirtschaft führen sollen. Die Materie ist aufgrund der vielen Aspekte und bestehender Zielkonflikte sehr komplex, die Diskussion darüber zum Teil emotional aufgeladen. Erschwerend kommt hinzu, dass zu einigen Bereichen – etwa zur Emissionsvermeidung in der Tierhaltung oder zur CO₂-Anreicherung in Böden – die wissenschaftliche Datenbasis noch nicht ausreicht, um klare Exitstrategien zu entwerfen.

Als allgemeiner Konsens gilt, dass eine ertragsorientierte Produktion von Lebensmitteln für eine – wenn auch nur mehr leicht – wachsende Weltbevölkerung auch in Zukunft mit Emissionen von Treibhausgas verbunden sein wird. Selbst bei völliger Abkehr von emissionsintensiven Fleisch- oder Milchprodukten würden in der Landwirtschaft weiterhin Emissionen entstehen, z. B. durch Düngung. Eine klimaneutrale Landwirtschaft kann daher nach aktuellem Kenntnisstand nur in Kombination mit landnutzungsbezogenen Negativleistungen (Senken) erreicht werden. Die meisten nationalen und regionalen Klimaschutzmaßnahmen der Landwirtschaft zielen deshalb sowohl auf eine Emissionsminderung in Tierhaltung und Anbau als auch auf eine Anreicherung von CO₂ in oberirdischer Biomasse und im Boden. Im Folgenden soll ein Überblick über aktuelle oder geplante Reduktionsmaßnahmen gezeigt werden, die ggf. auch in Südtirol angewendet werden können.

Italien wird seine Emissionen in der Landwirtschaft bis 2050 auf 23 Gt CO₂e reduzieren, im Vergleich zu knapp 35 Gt im Jahr 1990 bzw. 30,2 Gt im Jahr 2018. In der „Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra“ aus dem Jahr 2019 ist dargelegt, wie diese Reduktion erreicht werden soll:

- Proteinarme Ernährung der Tiere
- Häufiges Ausmisten, häufiges Erneuern der Einstreu, gute Klimatisierung der Ställe, Belüftung
- Schweineställe: Systeme zur getrennten Sammlung von flüssigen und festen Bestandteilen von Wirtschaftsdünger, Einstreu trocken und sauber halten

¹⁰⁹ Europäische Kommission, 2021: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0554\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0554(01)&from=EN) (17.07.21)

- Geflügelställe: Geflügelkot trocknen, damit der Zersetzungsprozess verlangsamt wird; Bodenhaltung mit Einstreu und Zugang ins Freie als Alternativen zur Käfighaltung, Entmistungsband mit Entmistungsanlage
- Lagerung von Wirtschaftsdünger: Bildung von Oberflächenkrusten, Deckschichten aus natürlichen Materialien oder schwimmenden Kunststoffen, feste und undurchlässige Abdeckungen aus Beton oder Kunststoffplatten; Produktion von Biogas aus Wirtschaftsdünger; Ausbringung der Gülle in Bodennähe/Direktspritzung
- Landwirtschaftliche Böden: Präzisionslandwirtschaft; Verringerung des ausgewaschenen Stickstoffs durch variabel dosierte Düngung
- Rückgang der Rinderzahlen (ein solcher ist seit 1990 im Gang und man rechnet damit, dass der Trend anhält – ein entsprechender Rückgang der Emissionen bis 2030 wird eingerechnet)

Österreich wird seine Emissionen in der Landwirtschaft bis 2050 auf 4,7 Mio. t CO₂e reduzieren, im Vergleich zu den aktuell produzierten 6 Mio. t CO₂e pro Jahr. Die Langfriststrategie 2050 – Österreich aus dem Jahr 2019 stellt fest, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft nur vermindert werden können, wenn die Emissionen der Treibhausgase Methan und Lachgas aus Viehhaltung und Futteranbau sinken. Auch die österreichische Strategie bleibt in vielen Punkten vage, sodass eine quantitative Abschätzung des Nutzens nicht möglich ist. Ausgewählte Punkte der Strategie sind:

- Stärkerer Fokus auf qualitativ hochwertige Nahrungsmittel sowie mehr saisonale und regionale Produkte
- Umstellung der Ernährung hin zu hochwertigen pflanzlichen Produkten und reduziertem Fleischkonsum (derzeit ist der Fleischkonsum in Österreich überdurchschnittlich hoch)
- Produktion pflanzlicher Lebensmittel
- Deutliche Reduktion von Lebensmittelabfällen
- Klima- und tierwohlfreundliche Haltungsformen
- Stickstoffreduzierte Fütterungstechniken (Optimierung der Futtermittel und -qualität)
- Erschließung alternativer Proteinquellen mit deutlich geringerer CO₂-Intensität in der Tierhaltung (z. B. Algen)
- Standortangepasster flächengebundener Tierbesatz
- Standortorientierte Düngermenge
- Weidehaltung, Zweinutzungsrinder (Milch und Fleisch)
- Reduktion von Kraftfutter und Silomais in der Milchviehhaltung

- Reduktion des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes durch Optimierung der gesamten Düngungskette
- Optimierung des Humus- und Bodenkohlenstoffgehaltes (Rückführung von Ernteresten, Gründüngung, umweltgerechte Fruchtfolgen, Mulch- und Direktsaat)
- Anteil biologischer Landwirtschaft steigern, Nachhaltigkeit konventioneller Landwirtschaft verbessern
- Digitalisierung und intelligente Technologien als Grundlage für die Präzisionslandwirtschaft
- Vergärung agrarischer Rest- und Abfallstoffe zur Biomethanherzeugung
- Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung vergären (und somit fossile Energie ersetzen)

Die **Schweiz** wird ihre Emissionen in der Landwirtschaft bis 2050 um 40 % gegenüber 1990 senken. Der langfristigen Klimastrategie aus dem Jahr 2021 zufolge entstanden 1990 etwa 8,5 Mio. t CO₂e in der Landwirtschaft, 2018 waren es knapp 7,5 Mio. t CO₂e; bis 2050 sollten die Emissionen auf ca. 5 Mio. t CO₂e reduziert werden. Außerdem sollte der Treibhausgas-Fußabdruck der Ernährung im Einklang mit dem Netto-Null-Ziel sinken, die Schweizer Landwirtschaft mindestens 50 % zur Nahrungsversorgung im Inland beitragen und eine weitere Verlagerung der Emissionen ins Ausland vermieden werden. Um diese Ziele zu erreichen, setzt die Schweiz auf:

- Finanzierung von Forschungs- und Beratungsprojekten mit dem Ziel, Entscheidungsgrundlagen für die Agrarpolitik zu erarbeiten und landwirtschaftliche Betriebe bei der Umsetzung in die Praxis zu unterstützen
- Ressourceneffizienz
- Qualitätsförderung von Schweizer Landwirtschaftsprodukten
- Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN)
- Begrenzung der Proteinzufuhr bei Wiederkäuern
- Längere Nutzungsdauer von Kühen
- Effizienz bei Herdenmanagement und Fütterung
- Effizienter Stickstoffeinsatz im Ackerbau und bei Spezialkulturen
- Verlustarmes Düngermanagement
- Förderung des Humusaufbaus, Etablierung von Agroforstsystemen
- Grünland weiterhin für Milchviehhaltung, ackerfähige Flächen für Nahrungsmittelproduktion nutzen

- Reduktion des Einsatzes fossiler Energien, Austausch fossil betriebener Maschinen

Deutschland wird seine Emissionen in der Landwirtschaft bis 2030 auf 58-61 Mio. t CO₂e reduzieren, im Vergleich zu 90 Mio. t im Jahr 1990 bzw. 1990. 73 Mio. t im Jahr 2017. Im Klimaschutzprogramm 2030 aus dem Jahr 2019 ist beschrieben, wie man diese Reduktion erreichen will:

- Senkung der Stickstoffüberschüsse und Lachgasemissionen (durch die Düngeverordnung, Beschränkungen in der Ausbringung von Stickstoff-Düngemitteln, Beratungen und Anreize)
- Energetische Nutzung von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen
- Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in der Tierhaltung: Forschung, Züchtung und künftige Entwicklung der Tierbestände
- Fördermaßnahmen im Hinblick auf Tierwohl, Umweltwirkung und Einsparung von Emissionen ausrichten: Verbesserte Haltungsstandards, Umfassende Kennzeichnung der Haltungsverfahren für alle tierischen Lebensmittel
- Energieeffizienz in der Landwirtschaft (u. a. durch ein Förderprogramm zur Eigenstromversorgung aus regenerativen Energien; integrierte Energie- und Klimaberatung für landwirtschaftliche Betriebe)
- Ausbau des Ökolandbaus (bis 2030 mindestens 20 % der Nutzfläche, u. a. durch Fördergelder für die Umstellung)
- Förderung von Fruchtfolgevorgaben für die Humusmehrung; humuserhaltende Bewirtschaftung
- Förderung der Anlage von Gehölzstreifen, Feldgehölzen, Hecken

Frankreich will seine Emissionen in der Landwirtschaft bis 2050 um 46 % gegenüber 2015 reduzieren. Laut „Stratégie nationale bas-carbone“ aus dem Jahr 2020 entstanden in der französischen Landwirtschaft im Jahr 2015 etwa 89 Mio. t CO₂e. Bis zum Jahr 2050 sollten diese Emissionen auf ca. 48 Mio. t CO₂e gesenkt werden. Diese Ziele wird Frankreich durch erreichen:

- Agroökologische Projekte und Präzisionslandwirtschaft (Ökolandbau, Optimierung der Grünlandbewirtschaftung, des Stickstoffmanagements, Stärkung der Protein-Autonomie in der Tierhaltung, Erhöhung organischer Substanz im Boden)
- Nachfragerückgang tierischer Produkte auf der Produzentenseite aufwerten durch ein höheres Einkommen pro Produktionseinheit (z. B. Ökolandbau, Grasfütterung von Milchvieh, Qualitätszeichen)
- Relokalisierung der Produktion

- Förderung lokaler, nachhaltiger, saisonaler und möglichst wenig verarbeiteter Produkte
- Diversifizierung der Produktion und der Absatzmärkte, um das Einkommen zu erhöhen (auch Erzeugung erneuerbarer Energien, z. B. in Biogasanlagen)
- Steigerung der Produktion von Obst und Gemüse (je nach verfügbaren Wasserressourcen)
- Neuzusammensetzung des Warenkorbs und Beihilfen für die am stärksten Benachteiligten
- Auf der Nachfrageseite die Schwerpunkte Nahrungsmittelverschwendung und Verbrauchsgewohnheiten vertiefen (Lebensmittelkonsum mit Ernährungsempfehlungen angleichen, Bildung, Sensibilisierung, Informationskampagnen)

In bisherigen Versionen eines **Klimaplan für Südtirol** wurde die Landwirtschaft als Emissionsquelle noch nicht berücksichtigt, entsprechend fehlen für den Sektor bislang gezielte und verbindliche Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen. Mit der Überarbeitung des Klimaplan im Frühjahr 2022 soll der Sektor mitberücksichtigt werden. Unabhängig davon ist das Thema Nachhaltigkeit und damit auch die Klimaverantwortung in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus der einzelnen Agrarsektoren und der Landwirtschaftspolitik gerückt (Autonome Provinz Bozen, Landwirtschaft 2030. Allerdings sind die treibhausgasrelevanten Maßnahmen auch hier, ähnlich wie in den vorher aufgelisteten staatlichen Strategien, bisher oft nur qualitativ beschrieben.

Sustainapple (<https://www.sustainapple.it/>)

- Ziel 2030: Der Obstbau bindet mehr CO₂ als entlang der gesamten Wertschöpfungskette entsteht (durch Photosynthese und klimaschonende Maßnahmen wie den Aufbau von Humus)
- Fokus auf erneuerbare Energien entlang der Produktion
- Vermehrter Einsatz von recycelbaren Materialien in der Verpackung
- Einsatz regional verfügbarer Organismen Stoffe für die Düngung
- Die Südtiroler Apfelwirtschaft ist 2030 zu 100 % klimapositiv

Südtirol Wein Agenda 2030 (<https://www.suedtirolwein.com/de/s%C3%BCdtirol-wein/nachhaltigkeit/102-0.html>)

- Vollständiger Ersatz der mineralischen Stickstoff-Düngung durch den Einsatz organischer Dünger und Gründüngung (ab 2025)
- Ersatz von Einweg-Kunststoff-Materialien durch biologisch abbaubare Materialien

- Weitgehendes Verbot synthetischer Herbizide ab 2023
Ausnahme: Junganlagen bis 5 Jahre und schwierige Ertragslagen (auch dort Einsatz nur im Herbst und auf einem 30 cm schmalen Streifen)
- Ausstoß von Treibhausgasen in der Produktion von Wein bis 2030 (mindestens) halbieren und in den folgenden Jahrzehnten noch weiter drastisch senken

Im Nachhaltigkeitsbericht der Südtiroler Milchwirtschaft kommen die Begriffe Klima und Emissionen bislang überhaupt nicht vor (<https://www.suedtirolermilch.com/ueber-milch/nachhaltigkeit/>). Derzeit (Stand April 2022) sind außerdem viele Projekte in Planung, die eine Emissionsreduktion bzw. eine Erhöhung des Bodenkohlenstoffs zum Ziel haben. Dazu zählen verschiedene Initiativen des Ressorts für Landwirtschaft¹¹⁰, einige der Leuchtturmprojekte des Südtiroler Bauernbundes (SBB) sowie Forschungsprojekte der verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen des Landes (Versuchszentrum Laimburg, Universität Bozen und Eurac Research).

Trotz dieser Vielzahl an Initiativen und Maßnahmen auf regionaler, nationaler und EU- Ebene sind die bisherigen Bemühungen zur Reduktion von Treibhausgasen in der Landwirtschaft als noch nicht ausreichend zu beurteilen. Grund dafür sind im Wesentlichen drei Aspekte:

- Die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen sind bisher rein qualitativ beschrieben, ihre Klimawirkung kann daher nicht abgeschätzt werden.
- Die meisten Pläne gehen mehr oder weniger von einem Status quo im Verhältnis von tierischer und pflanzenbasierter Nahrungsmittelproduktion aus, ohne substantielle Reduktion externer Futtermittel. Es fehlen Strategien für eine grundlegende Transformation hin zu mehr Grundfutteranteil für die Tiere und generell mehr pflanzenbasierter Nahrungsmittelproduktion.
- In keinem der untersuchten Pläne finden sich verbindliche Vorgaben, wie die Maßnahmen in einen gesetzlichen Rahmen gegossen und implementiert werden sollen.

6.6. REDUKTIONSMÖGLICHKEITEN UND SZENARIEN FÜR EINE KLIMANEUTRALE SÜDTIROLER LANDWIRTSCHAFT

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, ist aus heutiger Sicht eine ertragsorientierte Landwirtschaft nicht ohne Treibhausgasemissionen denkbar. Um dennoch das Netto-0-Ziel für den Sektor zu erreichen, wie es die EU-Kommission bis 2035 vorsieht, sind daher sog. Senken notwendig, mit deren Hilfe CO₂ beispielsweise im Boden oder in Biomasse gebunden werden kann. Die EU-Strategie basiert dabei im Wesentlichen auf der

¹¹⁰ Autonome Provinz Bozen- Südtirol, 2020: Agrar- und Forstbericht 2020

- Verordnung über Landnutzung und Forstwirtschaft für 2021-2030. Das Regelwerk zur nachhaltigen Forstnutzung ist zum einen sehr komplex, zum anderen ist noch nicht bekannt, welcher Anteil der Senkenleistungen für Südtirol anrechenbar sind.
https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_de
- EU-Bodenstrategie für 2030: Wurde erst im November 2021 veröffentlicht, sodass mit einer politischen Verabschiedung und Umsetzung nicht vor 2023 zu rechnen ist. https://ec.europa.eu/environment/publications/eu-soil-strategy-2030_de

Senkenpotentiale wurden bereits sowohl auf globaler als auch regionaler Ebene berechnet^{111,112}. Bei derartigen Berechnungen muss zwischen dem biophysikalischen Maximum und dem technisch-wirtschaftlich möglichen Maximum unterschieden werden¹¹³. So kann beispielsweise Ackerland ohne weiteres in Wald umgewandelt werden und dabei der Kohlenstoffgehalt deutlich erhöht werden. Gleichzeitig ist damit aber ein deutlicher Rückgang der ökonomischen Flächenrentabilität bzw. ein Rückgang der Nahrungsmittelversorgung verbunden. Eine Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes bei gleichbleibender landwirtschaftlicher Nutzung ist in der Praxis oft nur mit großem Aufwand zu erreichen oder mit vielen Zielkonflikten verbunden. Das sog. Carbon Farming wird vorwiegend von politischer Seite in verschiedenen Klimaschutzplänen als zusätzliches Instrument zur Kompensation notwendiger CO₂-Emissionen propagiert. Viele Experten sehen jedoch die Ambitionen der sog. „4p1000 initiative“ der COP21 (Klimakonferenz Paris) nach denen jährlich 4 Promille an Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden gespeichert werden soll, als schwer umsetzbar. Studien gehen von einer maximalen realistischen Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes von zwischen 1 und 3 Promille pro Jahr aus^{114,115}. Unklar ist auch die Wirkungsdauer dieser Maßnahmen. Für die meisten Carbon Farming Initiativen erwarten Experten eine Sättigung innerhalb von 15 bis 20 Jahren¹¹⁶. Auch von Seiten der Landwirtschaft werden einige der Carbon Farming Maßnahmen kritisch gesehen, da ein Rückgang der Produktivität und Ernährungssicherheit befürchtet wird.

¹¹¹ Zomer, R.J., Bossio, D.A., Sommer, R. et al., 2017: Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils. *Sci Rep* 7, 15554. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>

¹¹² Wiesmeier M., Hübner R., Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Reischl A., et al., 2014: Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation. *Global Change Biol.* 20:653–65. doi: 10.1111/gcb.12384

¹¹³ European Joint Programme (EJP) 2022: <https://ejpsoil.eu/about-ejp-soil/news-events/item/artikel/european-soil-organic-carbon-sequestration-summarised-in-an-interactive-map-for-regional-options-for-climate-mitigation> (17.07.2022)

¹¹⁴ Amelung, W., Bossio, D., de Vries, W. et al. 2020 : Towards a global-scale soil climate mitigation strategy. *Nat Commun* 11, 5427. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18887-7>

¹¹⁵ Rodrigues, L., Hardy, B., Huyghebaert, B., Fohrafellner, J., Fornara, D., Barančíková, G., Bárcena, T., De Boever, M., Di Bene, C., Feizienė, D., Käppler, T., Laszlo, P., O’Sullivan, L., Seitz, D. & Leifeld, J. 2021: Achievable agricultural soil carbon sequestration across Europe from country-specific estimates. *Global Change Biology*, 27: (24), 6363–6380.

¹¹⁶ Smith P. 2016: Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*. Mar;22(3):1315-1324. DOI: 10.1111/gcb.13178. PMID: 26732128.

Ackerland hat abgesehen vom Wald das höchste Potential für eine natürliche Kohlenstoffanreicherung¹¹⁷. Allerdings hat der Ackerbau mit 3800 ha nur einen kleinen Anteil an Südtirols landwirtschaftlich genutzter Fläche. Weitere Carbon-Farming-Maßnahmen (Ansaaten, Ausgleichsflächen) sind für den Obst- und Weinbau denkbar. Allerdings erscheint das Potential für Humusaufbau für diese Kulturformen ebenso wie für das gesamte Grünland im Vergleich zu anderen Agrarregionen eher gering, da die aktuellen Kohlenstoffgehalte aufgrund von Klima und Nutzungsgeschichte bereits relativ hoch sind¹¹⁸. Eine substanzielle Erhöhung des Kohlenstoffgehalts scheint nur eine weitgehende Nutzungsextensivierung zu ermöglichen (Mähwiese zu Weide oder zu Wald), was wiederum mit erheblichen sozio-ökonomischen Konflikten verbunden ist (s.o.). Zudem weisen Studien darauf hin, dass die im Vergleich zum ursprünglichen Grünland dunkleren Waldflächen zu einer höheren Absorption des Sonnenlichtes führen. Dies hebt einen Teil Kohlenstoffsinkenleistung wieder auf. Grundsätzlich besteht in Bezug auf das Speicherpotential von Kohlenstoff in der Südtiroler Landwirtschaft noch ein erhebliches Forschungsdefizit. Das mit Abstand größte Speicherpotential für Kohlenstoff besteht in forstlich genutzten Flächen (siehe Kapitel 6.4) Wieviel Kohlenstoff netto langfristig in den Südtiroler Wäldern gespeichert wird und wieviel davon als Senke anrechenbar ist, ist aktuell (April 2022) noch Gegenstand von Erhebungen und Verhandlungen. Damit ist derzeit auch eine Festlegung von regionalen Emissionskontingenten für die Südtiroler Landwirtschaft schwierig.

6.6.1. Reduktionsmöglichkeiten von Treibhausgasen in der Landwirtschaft (direkte Emissionen)

Unabhängig von bestehenden methodischen Unsicherheiten in der Senkenberechnung benötigt Südtirols Landwirtschaft im Sinne einer verantwortungsvollen Klimapolitik eine mittel- und langfristige Strategie zur Senkung der Treibhausgasemissionen. Zum einen ist damit zu rechnen, dass die Senkenleistungen des Waldes zurückgehen werden, zum anderen liegt der Gesamt-CO₂-Fußabdruck der Südtiroler Landwirtschaft (inkl. der Vor- und Nachleistungen, siehe Kapitel 6.3) aktuell deutlich über den geschätzten anrechenbaren Senkenleistungen. Substanzielle Emissionssenkungen in der Landwirtschaft sind – wie in anderen Sektoren auch – mit tiefgreifenden Umstellungen verbunden, die Verarbeitung, Märkte und Konsum miteinschließen und entsprechende Vorlaufzeiten benötigen.

Wie in Kapitel 6.2 gezeigt, setzen sich die lokalen Emissionen der Landwirtschaft im Wesentlichen aus dem Verbrennen von Treibstoff für Maschinen und den Emissionen der Tierhaltung (vornehmlich Milchviehhaltung) zusammen. Im Gegensatz zum rasch steigenden Angebot an elektrisch betriebenen Autos sind die Möglichkeiten einer Elektrifizierung des landwirtschaftlichen Fuhrparks bislang begrenzt. Zwar sind bereits einzelne Elektromodelle auf dem Markt, doch

gehen Experten davon aus, dass es noch einige Jahre dauern wird, bis praxistaugliche, serienreife E-Traktoren verfügbar sind.

Emissionsreduktion in der Tierhaltung

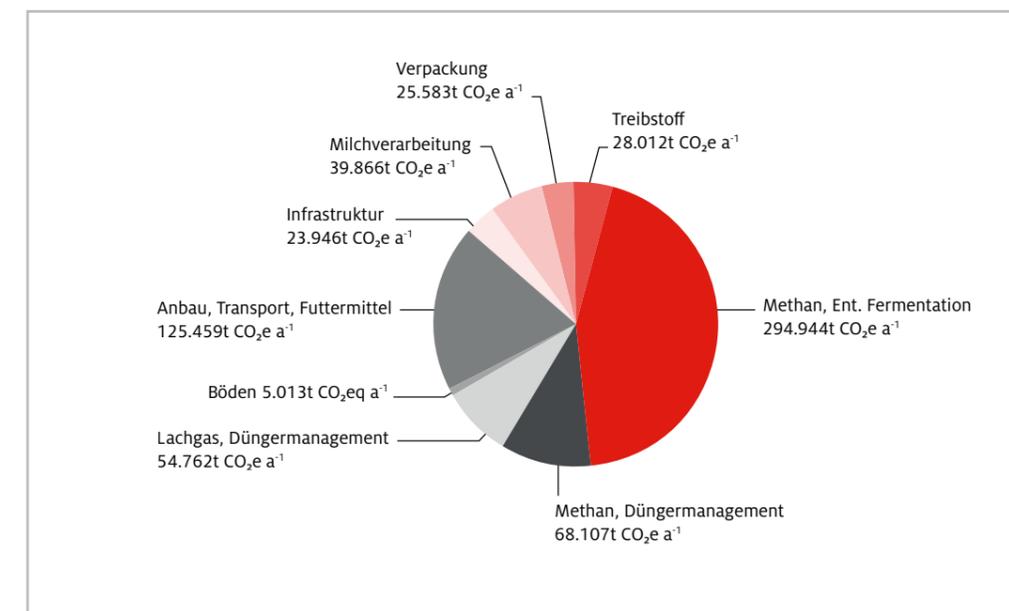


Abb. 30. Sektorale Treibhausgasemissionen für die Südtiroler Grünlandwirtschaft

In der Viehwirtschaft gibt es bereits verschiedene Ansätze zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Relativ gut etabliert sind Biogasanlagen, mit Hilfe derer das Methan aus dem Wirtschaftsdünger energetisch genutzt und verbrannt werden kann. In Südtirol gibt es aktuell ca. 30 Biogasanlagen, die unterschiedlich (privat/genossenschaftlich) geführt werden. Damit wird aktuell der Wirtschaftsdünger von ca. 10.000 GVE – mit einer geschätzten Reduktion von ca. 5.000t CO₂e pro Jahr. Bei aktuell ca. 120.000 Rindern besteht noch ein beachtliches Potential (Grobschätzung bis zu 40.000t CO₂) zur Emissionsminderung, das gleichzeitig auch zur Energiegewinnung genutzt werden kann. Die Marktreife ist sowohl für größere Zentren wie auch für kleinere, dezentrale Anlagen auf den Höfen bereits gegeben, allerdings bedingen hohe Investitionskosten sowie logistische Herausforderungen (An- und Abtransport Hofdünger, Energietransport) noch eine gewisse Zurückhaltung in der Anschaffung, die durch entsprechend stärkerer finanzieller und bürokratischer Unterstützung überwunden werden könnte. Weitere Emissionsreduktionen können z. B. durch das Abdecken von Güllegruben erreicht werden, zum damit verbundenen Reduktionspotential liegen für Südtirol noch keine Angaben vor.

¹¹⁷ European Joint Programme (EJP) 2022: <https://ejpsoil.eu/about-ejp-soil/news-events/item/artikel/european-soil-organic-carbon-sequestration-summarised-in-an-interactive-map-for-regional-options-for-climate-mitigation> (17.07.2022)

¹¹⁸ Nagler M., Fontana V., Lair G.J., Radtke A., Tasser E., Zerbe S., Tappeiner U. 2015: Different management of traditional larch grasslands in the European Alps shows low impact on above- and belowground carbon stocks. *Agriculture Ecosystem and Environment* 2013, 186-193, DOI: 10.1016/j.agee.2015.08.005

Der Großteil der viehbedingten Treibhausgasemissionen entsteht im Verdauungstrakt der Wiederkäuer. Versuche, das Methan aus der Stallluft zu filtern oder dem Tier über Masken direkt zu entnehmen, befinden sich erst in der Prototypphase. Realistischer scheint es derzeit zu sein, Methanemissionen über die Fütterung, Futterzusätze und Züchtung zu reduzieren. Fachleute gehen insgesamt aber von einem moderaten Reduktionspotential von 5 bis max. 20 % des Methans aus der Verdauung aus^{119,120}. Eine durchschnittliche Reduktion von 10 % durch derartige Maßnahmen entspräche für Südtirol einer THG-Reduktion von ca. 30.000 t CO₂e.

Lachgasemissionen, die durch den anfallenden Wirtschaftsdünger entstehen, sind hingegen schwer zu reduzieren. Es werden zwar verstärkt Methoden gefördert und eingesetzt, die die Stickstoffverluste bei der Ausbringung reduzieren sollen, jedoch können diese Methoden die Umwandlung des Stickstoffs in entweichendes Lachgas im Boden nicht unterbinden.

Für eine substanzielle und nachhaltige Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Viehhaltung erscheinen zusätzlich zu den technischen Möglichkeiten mittel- bis langfristig **zwei Ansätze** denkbar:

- **Umstellung auf pflanzliche Kulturen in tiefen Lagen:** Viehhaltung ist vor allem dort sinnvoll, wo klimatische Rahmenbedingungen keine andere landwirtschaftliche Nutzung zulassen, weil es entweder zu trocken oder zu kalt ist. Aktuell liegen 17,25 % des Grünlandes unterhalb von 1250 m Meereshöhe, knapp 50% der GVE werden hier gehalten¹²¹. Bis in diese Höhenlagen gibt es bereits ein breites Spektrum an pflanzlichen Kulturen, die eine landwirtschaftliche Einkommensalternative darstellen können. Dabei ist allerdings zu beachten, dass neben Zielkonflikten wie Pflanzenschutz oder Wasserbedarf beim Umbruch des Grünlandes Verluste von Kohlenstoff zu erwarten sind, die in der Klimabilanz miteinberechnet werden müssen. Nur eine Umstellung auf extensiven Ackerbau mit Fruchtfolgebewirtschaftung oder permanente Pflanzenkulturen wie Obstbau können diese Kohlenstoffverluste minimieren. So haben Untersuchungen gezeigt, dass es im Vinschgau beim Umbruch von Grünland in Apfelkulturen zu einer leichten Abnahme des Humusgehaltes kommt¹²², dieser wird aber größtenteils durch die oberirdische Biomasse ausgeglichen.

- Reduktion der Emissionen in Höheren Lagen durch den Einsatz sogenannter leichter bis mittelschwerer **Doppelnutzungsrasen** (Milch und Fleisch¹²³ in Kombination **mit hohem Grundfutteranteil und verstärkter Kurzrasenweide**: In den hohen und damit klimatisch weniger günstigen Lagen ist eine Fortführung der Berglandwirtschaft aus Klimasicht vertretbar und im Sinne der vielen Ökosystemdienstleistungen (Biodiversität, Erosionsschutz, Landschaftsästhetik) sinnvoll¹²⁴. Darüber hinaus bietet dieses Szenario auch Vorteile gegenüber der Ist-Situation. So könnte beispielsweise der Futtermittelzukauf gesenkt werden, was neben der Reduktion der externalisierten Treibhausgasemissionen (siehe Fig. 30) auch ausgeglichene Nährstoffbilanzen für den Betrieb und eine bessere Autonomie gegenüber globalen, krisenanfälligen Märkten mit sich bringen würde. Der lokale Bedarf an Rindfleisch ist durch Studien belegt¹²⁵ und spiegelt sich auch in den Nettoimportzahlen von Rindfleisch wider. Ein höherer Grad an Selbstversorgung durch Fleisch entspräche außerdem der aktuellen Tierwohldebatte (Viehtransporte). Die jährliche Milchproduktion würde bei diesem Szenario entsprechend zurückgehen, was auch Anpassungen auf Seite der Genossenschaften notwendig macht.

Emissionsreduktion Obst- und Weinbau

Im Gegensatz zur Viehwirtschaft entstehen in der Obst- und Weinwirtschaft die meisten Emissionen bei Verpackung und Lagerung der Produkte. Demensprechend liegen hier die größten Einsparpotentiale. In der Obstwirtschaft fallen vor allem kleine Plastikverpackungen ins Gewicht. Hier ließe sich durch Verpackungen aus Stoffen nicht fossiler Herkunft eine erhebliche Reduktion erzielen. Die Energie für die Lagerung wird bereits zum Teil durch Fotovoltaikanlagen gedeckt. Da die Lagerung der Äpfel aber rund um die Uhr und zum Teil jahresumfassend notwendig ist, ist der Energiebedarf auch aus fossilen Quellen vermutlich noch hoch (Daten zum Strommix von Genossenschaften waren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht öffentlich verfügbar). Weitere Investitionen in erneuerbare Energienutzung, energiesparende Kühlsysteme und effiziente Dämmung der Kühllhallen sind für eine Verbesserung der Klimabilanz der Obstwirtschaft notwendig.

Im Anbau bzw. den Vorleistungen sind Reduktionen durch den Einsatz lokaler organischer Dünger möglich und sinnvoll. Diese Praxis ist im biologischen Anbau bereits verbreitet und sollte entsprechend den Nachhaltigkeitsvorhaben der Sektoren weiterhin optimiert und gefördert werden. In Bezug auf den Pflanzenschutz sind (pilz)-widerstandsfähige Sorten die effizienteste Methode, Treibhausgasemissionen zu senken. Eine wichtige Rolle kommt hier auch den Konsumentinnen und Konsumenten zu, die mit ihrer Akzeptanz von ästhetisch nicht perfektem Obst und Gemüse einen zählbaren Beitrag zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln leisten können.

¹¹⁹ Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2021: Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, Band 30

¹²⁰ Kamalanthan S. 2020: Assessment of methane emission traits in Canadian Holstein cows. Master Thesis, University of Guelph.

¹²¹ Südtiroler Landtag 2019: Schriftliche Antwort auf die Anfrage zur Aktuellen Fragestunde Nr 25/Mai/2019

¹²² Della Chiesa S., La Cecilia D., Genova G., Balotti A., Thalheimer M., Tappeiner U., Niedrist G. (2019): Farmers as data sources: Cooperative framework for mapping soil properties for permanent crops in South Tyrol (Northern Italy). *Geoderma*, 93-105, DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.02.010.

¹²³ Zehetmeier, M.; Baudracco, J.; Hoffmann, H.; Heißenhuber, A. (2012): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions. A systems approach. *Animal* 6: 154-166

¹²⁴ Angerer V., Sabia E., König von Borstel U., Gauly M. 2021: Environmental and biodiversity effects of different beef production systems. *J Environ Manage.* Jul 1;289:112523. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112523. Epub 2021 Apr 8. PMID: 33839605.

¹²⁵ Perkmann, U., Leitner, R. 2012: Marktchancen für Südtiroler Rindfleisch. *Wirtschaftsforschungsinstitut der Handelskammer Bozen*

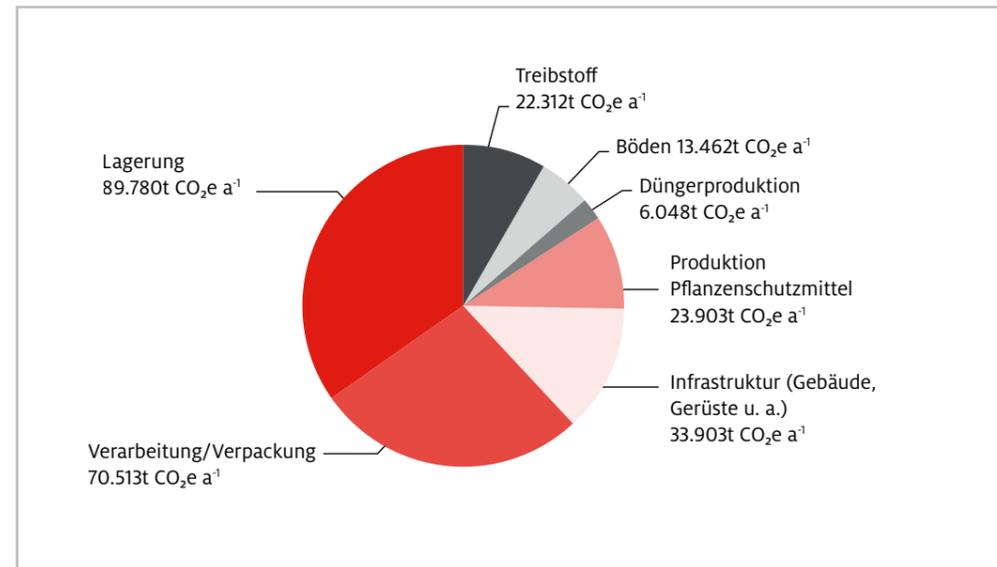


Abb. 31. Sektorale Treibhausgasemissionen der Südtiroler Apfelwirtschaft (nach Höllrigl 2021)

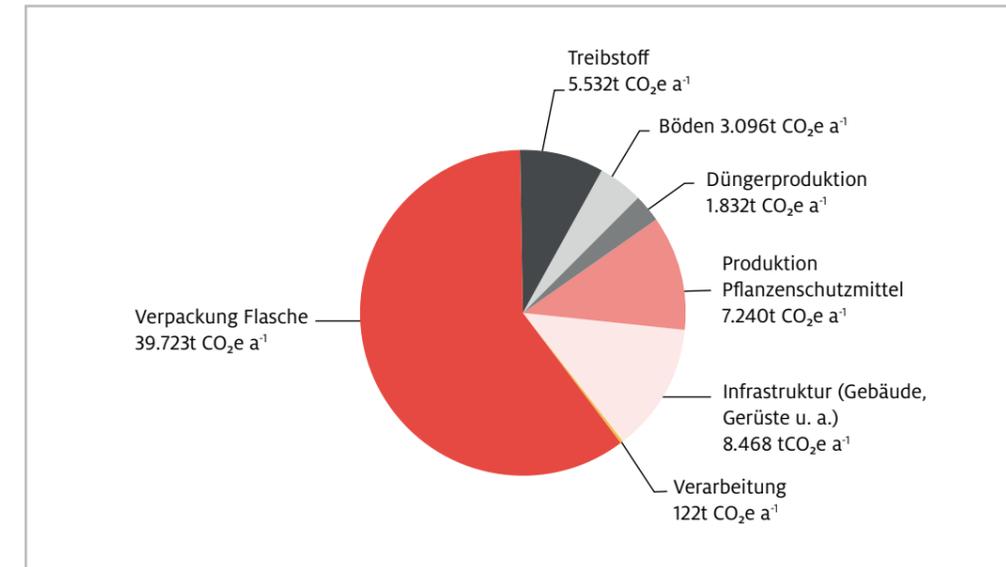


Abb. 32. Sektorale Emissionen der Südtiroler Weinwirtschaft

In der Weinwirtschaft liegt das größte Potenzial zur Vermeidung von Treibhausgasen ebenfalls in der Verpackung. Der Trend hin zu schweren, energieintensiven Glasflaschen¹²⁶ hat die CO₂-Bilanz des Weines stetig verschlechtert. Mit einer Reduzierung des Flaschengewichts hochqualitativer Weine (reduziert gleichzeitig auch die Transportemissionen) bzw. der Einführung einer Mehrwegflasche im niederen Qualitätssegment sind Emissionsreduktionen um 50 % denkbar. Eine Mehrfachnutzung für Weinflaschen ist jedoch auf entsprechende Investitionen/Förderungen in Infrastruktur und Logistik angewiesen. Der weitgehende Verzicht auf Herbizide, wie er in der Weinagenda 2030 angestrebt wird, ist hinsichtlich der Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes sinnvoll. In Bezug auf Einsparung von Treibhausgasemissionen wird er aber erst dann voll zum Tragen kommen, wenn die Maschinen zur mechanischen Unkrautbekämpfung mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

¹²⁶ Piqueras-Fizman, B., & Spence, C. 2016. The weight of the bottle as a possible extrinsic cue with which to estimate the price (and quality) of the wine? Observed correlations. FOOD QUALITY AND PREFERENCE, 25(1), 41–45.

Anhang 1

Einblicke in den Energiesektor

Autoren:

David Moser
 Alexandra Troi
 Daniele Vettorato, Pietro Zambelli
 (Institut Erneuerbare Energie)

A1.1. PERSPEKTIVEN FÜR PHOTOVOLTAIK IN SÜDTIROL

Photovoltaik ist im Hinblick auf die Energiewende die bestgeeignete Technologie, aufgrund der Vielseitigkeit, Anpassungsfähigkeit, Anwendbarkeit in verschiedenen Energiesektoren, Resilienz in verschiedenen Rechtsrahmen und der ökologischen Nachhaltigkeit. Die Nutzung von Photovoltaik bietet Synergien mit anderen Sektoren wie Bauwesen, Mobilität, Energiespeicherung, Wärmepumpen und Landwirtschaft. Eurac Research betreibt eine fortlaufend aktualisierte Webseite speziell für gebäudeintegrierte PV (bipv.eurac.edu). Hier können verschiedene Produktbeispiele (z. B. halbtransparente oder farbige Solarmodule), realisierte Projekte sowie Informationen über Energie, Technologie und ästhetische Integration gefunden werden. Darüber hinaus war und ist Eurac Research im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte an der Technologieentwicklung in spezifischen Themenfeldern beteiligt. Beispielsweise widmete sich das Projekt BIPVmeetshistory der harmonischen Integration von PV-Technologien in einem naturbelassenen und historischen Kontext (z.B. die nahtlose Anlagenintegration in die Natur oder in denkmalgeschützte Gebäude), mit besonderem Augenmerk auf die Autonome Provinz Bozen und die Region Lombardei¹²⁷.

Im INTERREG-Projekt Solar Tirol¹²⁸ wurde ein auf Dächern installierbares PV-Potenzial bei einem Wirkungsgrad von 15 % von 1,35 GW ermittelt, wobei zwischen ebenen Flächen (mit einer *Ground Cover Ratio*¹²⁹ von 50 %) und geneigten Flächen unterschieden wurde. Tabelle 6 fasst die wichtigsten Parameter aus der Analyse des Projekts Solar Tirol zusammen. Die Berücksichtigung höherer Wirkungsgrade (der Trend geht zu einer Steigerung des Wirkungsgrads von PV-Modulen um etwa 0,5 %/Jahr mit einem prognostizierten Maximum von 25 % bis 2030) führt zu noch höheren Potenzialwerten.

SCHWELLEN (KWH/M ²)	GIEBEL- DACH- FLÄCHE (M ²)	FLACH- DACH- FLÄCHE (M ²)	DURCH- SCHNITT- LICHE H GIEBELDACH (KWH/M ²)	DURCH- SCHNITT- LICHE H FLACHDACH (KWH/M ²)	P _N (MW)	STROM (TWH)
>1200	8.447.336	1.183.908	1.315	1.284	1350	1.45
1000-1200	6.935.910	842.526	1.060	936	1100	0,94
800-1000	5.680.546	283.353	892	814	873	0,63
<800	6.515.289	437.050	550	468	1010	0,45

Tabelle 6. Zusammenfassung der wichtigsten Parameter aus dem Projekt Solar Tirol. H steht für die jährliche Sonneneinstrahlung auf die Solaranlagenoberfläche. P_N steht für die installierte Solarleistung.

¹²⁷ <https://www.bipvmeetshistory.eu/en-gb/>

¹²⁸ <http://webgis.eurac.edu/solartiroi/>

¹²⁹ Unter Ground Cover Ratio ist die von PV-Modulen und Infrastruktur belegte Fläche im Verhältnis zur Bruttofläche zu verstehen.

Für die Berechnung des Potenzials wurde eine jährliche Sonneneinstrahlung von mindestens 1.200 kWh/m² als Schwellenwert für die wirtschaftliche Tragfähigkeit herangezogen, was zum Zeitpunkt der Analyse (2015) eine ausreichende Stromproduktion mit einer Amortisationszeit von etwa 10 Jahren ermöglichte. Dieser Schwellenwert kann durch einen anhaltenden Rückgang der Installationskosten gesenkt werden. Die Sonneneinstrahlungskartierung für die Dächer in der Provinz findet man unter <http://webgis.eurac.edu/solartirolo/>. Die Auflösung des der Berechnung zugrunde liegenden digitalen Modells beträgt weniger als 1 m, folglich werden die meisten schattenwerfenden Objekte in den Analysen berücksichtigt.

Prina et al. publizierten 2018 einen Bericht über die Ergebnisse der Modellierung auf Stun-
denebene des Südtiroler Energiesystems über ein Kalenderjahr. Unter Berücksichtigung ver-
schiedener Formen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, der Kopplung der Strom-,
Wärme- und Transportsektoren sowie von Strategien zur Kostensenkung analysierten sie
Dekarbonisierungsszenarien für das Jahr 2050. Abb. 33 zeigt die Kurven der Stromerzeugung aus
verschiedenen Quellen und die Kurven der Nachfrage einer Woche im Sommer und einer Woche
im Winter, mit 2015 als Referenzjahr. Abb. 34 zeigt den notwendigen Anstieg der PV-Kapazität
im Jahr 2050 für das PEH -Szenario mit Kopplung von Strom- und Wärmesektoren (Szenario mit
Kostenparität gegenüber dem Basisfall) und für das PEHT-Szenario mit Kopplung von Strom-,
Wärme- und Transportsektoren (Szenario, das zu Emissionen von 1,5 t CO₂e pro Person führt).¹³⁰

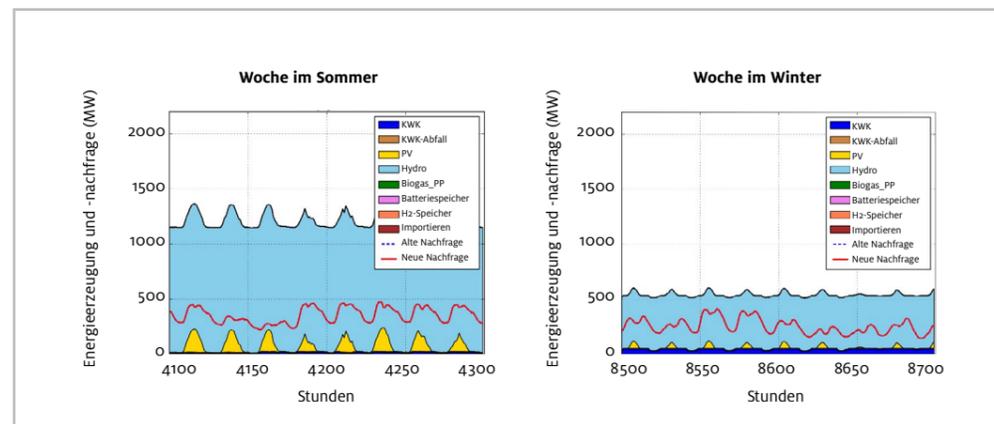


Abb. 33. Stromproduktion in Südtirol in einer Sommer- und einer Winterwoche (Baseline 2015).

¹³⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218302780>

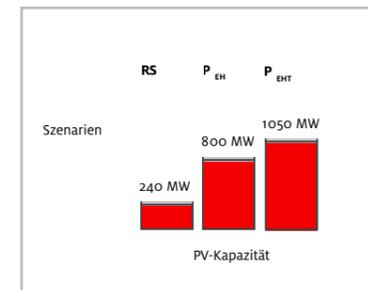


Abb. 34. PV-Kapazität für den Referenzfall (RS) und Szenarien für 2050, die die Elektrifizierung des Wärmesektors (PEH) sowie des Wärme- und Transportsektors (PEHT) berücksichtigen.

Bei einem linearen Wachstum von 2020 bis 2050 und unter Verwendung der Werte von Abb. 33 würde im Jahr 2030 ein Wert von 440 MW/520 MW erreicht werden, welcher über dem im Klima-
plan – Update 2021 festgelegten Ziel von 400 MW Gesamtkapazität für 2030 liegt. Noch höhere
Zielwerte für 2030 ergeben sich aus einer anteiligen Zuteilung des dem INEKP entnommenen
Werts von 55 GW, der höchstwahrscheinlich auf 75 GW angehoben wird, um die neuen europäi-
schen Ziele zu erreichen.

Der Klimaplan sieht bis 2030 ein Zwischenziel von 400 MW installierter Leistung vor. Abb. 35
zeigt den Vergleich zwischen der Gesamtfläche des Südtiroler Territoriums, der bebaubaren und
belegten Fläche¹³¹, der mit Dächern belegten Fläche¹³², der von bestehenden PV-Anlagen belegten
Fläche unter Berücksichtigung eines Wirkungsgrads von 15 % und eines *Ground Cover Ratio* von
1 sowie die zur Erreichung der 2030er-Ziele des Dokuments Klimaplan – Update 2021 zusätzlich
benötigte Fläche unter Berücksichtigung eines Wirkungsgrads von 25 % (ca. 140 MW zu installie-
ren, 257 MW im Jahr 2020 installiert).

¹³¹ ISPRA-Daten: https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/consumo_suolo_agportal/index.html

¹³² Daten Solar Tirol INTERREG



Abb. 35. Bodennutzung in Südtirol. Die von bestehenden PV-Anlagen belegte Fläche ist blau (unter Annahme eines Wirkungsgrads von 15 %); die zusätzlich benötigte Fläche, um im Jahr 2030 400 MW zu erreichen (unter Annahme eines Wirkungsgrads von 25 %), hingegen ist schwarz.

In einer Studie von Eurac Research aus dem Jahr 2013¹³³ wurden neben Freiflächen auch andere Oberflächen berücksichtigt, darunter Gebäudefassaden, Schienenverkehrsinfrastrukturen (Bahnhofsunterstände), künstliche Seen, Lärmschutzwände usw. Die Schlussfolgerungen dieser Studie sind auch aktuell noch geltend: „Die von der Landesverwaltung erarbeiteten strategischen Vorgaben (KlimaLand) für die bis 2020 (300 MWp) und 2050 (600 MWp) installierte PV-Leistung scheinen im Vergleich zur vorsichtig geschätzten 2,5 kW Pro-Kopf-Leistung relativ einfach umsetzbar. [...] Um die benötigten Ziele zu erreichen, sind auch mittelgroße Anlagen erforderlich. Die gegenwärtige Energiepolitik und der auch im restlichen Italien in den letzten Jahren verzeichnete Trend weisen jedoch darauf hin, dass sich Photovoltaikanlagen auf freiem Feld nur schwer verwirklichen lassen. Nicht nur die optische Wirkung scheint – zumal in den Alpen – fraglich, auch die Raumnutzung gilt als schwer vertretbar, vor allem, wenn solchen Anlagen landwirtschaftliche Flächen zum Opfer fallen. Aus diesem Grund sollte man auch in Erwägung ziehen, Anlagen auf unkonventionellen Flächen zu installieren. Die vorliegende Untersuchung zeigt Beispiele, wie Stauseen, Transportinfrastruktur, Schallschutzwände und Infrastruktur im Hochgebirge, die für mittelgroße Anlagen genutzt werden können, um so einen erhöhten Anlagenausbau zu gewährleisten. Auf unkonventionellen Flächen installierte Anlagen können mit mindestens 60 MW dazu beitragen, das für 2020 gesteckte Ziel zu erreichen.“

¹³³ <https://webassets.eurac.edu/31538/1618832415-euracrenenephotovoltaikpotenzial.pdf>

Ein Trend, der sich in den letzten Monaten abzeichnete und 2013 noch nicht berücksichtigt wurde, ist die Doppelnutzung von landwirtschaftlichen Flächen mit Agri-Photovoltaiksystemen. Abb. 36 zeigt die zum Erreichen der Zielvorgaben für 2030 (400 MW) benötigte Fläche, durch Nutzung verbrauchter Flächen (6 % der Dächer mit ausreichender jährlicher Sonneneinstrahlung, Klasse I mit $H > 1.200 \text{ kWh/m}^2$) oder durch das Heranziehen landwirtschaftlicher Flächen, die dann doppelte Verwendung finden: für den landwirtschaftlichen Anbau und zur Energieerzeugung (0,8 % der mit Äpfel oder Weinreben bebauten Flächen bei einer sehr vorsichtig angesetzten *Ground Cover Ratio* von 0,25).

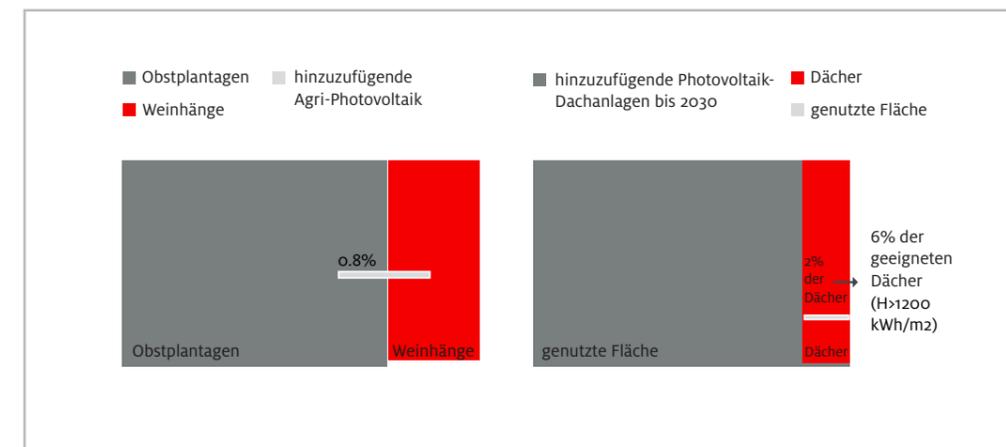


Abb. 36. Grafische Darstellung des Flächenbedarfs zur Erreichung des im Klimaplan – Update 2021 vorgesehenen Photovoltaik-Ziels für 2030. 25 % Modulwirkungsgrad, *Ground Cover Ratio* 0,25 für Agri-Photovoltaik und 1 für Aufdachanlagen

Das Dekret 13/2020, die Durchführungsverordnung zum Landesgesetz Nr. 9 von 2018, legt in Artikel 4 fest, dass Photovoltaikanlagen nur auf Gebäuden installiert werden dürfen. Dies ist eine sehr klare Entscheidung zum Schutz gegen weiteren Flächenverbrauch, die allerdings gleichzeitig das Erreichen der erklärten Ziele stark gefährdet. Aufgrund fehlender aktiver politischer Maßnahmen liegt die Last der Zielerreichung beinahe ausschließlich bei Privatpersonen (Tabelle 7 zeigt den Beitrag der öffentlichen Hand von höchstens 56 MW, so dass auf die Privatpersonen etwa 80/90 MW an neu installierter Leistung fallen würde). Die durchschnittliche Leistung einer Anlage in Südtirol liegt bei 30 kWp, in den Nachbarprovinzen, wo der Wohnsektor stärker ausgebaut ist, sinkt sie auf 15 kWp. Es würden also etwa 3.000-6.000 private Anlagen benötigt. Schulungsangebote und Förderungen sind daher von grundlegender Bedeutung, um dieses wichtige Nutzersegment auszuschöpfen.

Gebäudetyp	LEISTUNG		FLÄCHEN		
	[MW]	%	Schräg [in ha]	Flach [in ha]	Flach in %
Öffentlich	56	4,1 %	102	19	15,6 %
Zivil	777	57,3 %	1,710	62	3,5 %
Wirtschaftsgebäude (agrisolar)	108	8,0 %	239	6	2,3 %
Garagenboxen	18	1,3 %	58	10	15,0 %
Gewerbe- und Industriegebäude	287	21,2 %	388	139	26,4 %

Tabelle 7. PV-Potenzial nach Gebäudetyp in Südtirol

Abb. 37 zeigt die Entwicklung der installierten Leistung während der Laufzeit der Einspeisevergütung (Conto Energia). Bemerkenswert ist, dass die Provinz in den Jahren 2010-2011 mit 65 MW/Jahr einen sehr hohen, auf Fördermaßnahmen zurückzuführenden, Wert verzeichnete. Bei einigen dieser Anlagen handelte es sich um Anlagen mit einer installierten Leistung (Pn) von über 200 kWp. Bei alleiniger Betrachtung der Anlagen mit Pn < 20 kWp sinkt der maximale jährliche Installationswert auf 20 MW/Jahr. Dieser Wert würde ausreichen, um die Ziele des Klimaplan – Update 2021 zu erreichen, vorausgesetzt er wird innerhalb der nächsten acht Jahre erreicht. Es ist offensichtlich, dass kein alternatives Anreizsystem zur Einspeisevergütung kurzfristig zu ähnlichen Werten führen kann.

Die Übernahme der Richtlinie RED II (GvD Nr. 199 vom 8. November 2021) sieht die Ausweisung von sogenannten Eignungsgebieten (Art. 20) für die Installation von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien vor, um die Ziele des INEKP zu erreichen. Unabhängig von der Zuständigkeit der Autonomen Provinz Bozen, die Zwecke des Dekrets gemäß dem Sonderstatut und den Durchführungsbestimmungen (wie in Artikel 49 vorgesehen) zu erfüllen, stellt dies in jedem Fall eine Gelegenheit dar, neben Dächern und Gebäudefassaden auch andere Flächen miteinzubeziehen, die zur schnelleren Erreichung der Ziele beitragen können. Dabei könnte es sich um folgende Flächen handeln:

- Bedachte Parkplätze;
- Lärmschutzwände;
- Eisenbahninfrastruktur (Bahnhofsunterstände);
- künstlich angelegte Becken;
- Flächendoppelnutzung mit Agri-Photovoltaik (Optimierung des Ertrags landwirtschaftlicher Erzeugnisse durch multifunktionale Nutzung der Photovoltaikanlage).

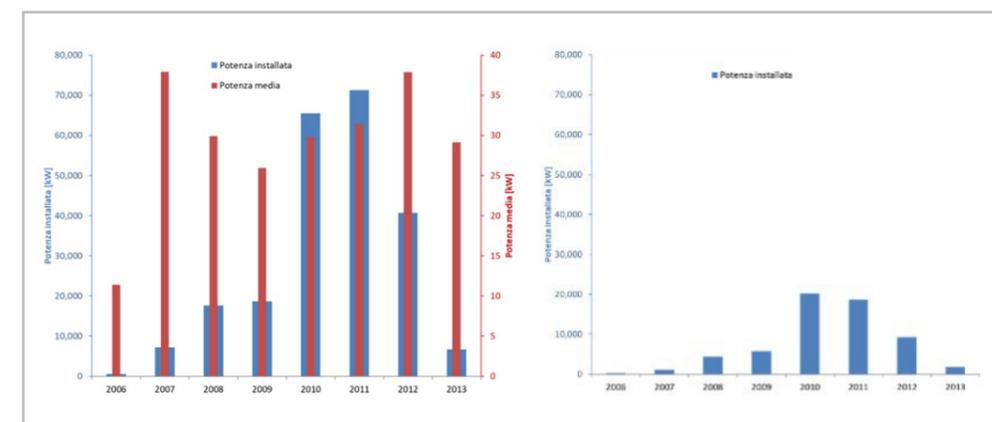


Abb. 37. Installation während der Laufzeit der Einspeisevergütung für alle Leistungsklassen (links) und für Anlagen mit Pn <20 kWp (rechts)

Im Hinblick auf Dachanlagen ist eine korrekte Information der Bevölkerung über die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile von Photovoltaikanlagen von größter Bedeutung. Teile der Bevölkerung (auch Fachleute) sind bezüglich der wichtigsten Eckpunkte in Bezug auf Kosten, Nachhaltigkeit und Auswirkungen nicht auf dem Laufenden. Diese Wissenslücke führt dazu, dass sich die Installation neuer PV-Anlagen auf Wohngebäuden/Mehrfamilienhäusern als schwierig gestaltet. Dies beeinträchtigt die Akzeptanz der Technologie und geht über rein wirtschaftliche oder ästhetische Aspekte hinaus.

Aus technischer Sicht wurde das vorgeschlagene Geschäftsmodell im Laufe der Jahre aufgrund der sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen immer komplexer. Der Erfolg der Einspeisevergütung (Conto Energia) ist nicht nur auf die Großzügigkeit der Anreize zurückzuführen, sondern auch auf die leichte Verständlichkeit des Mechanismus, insbesondere im Vergleich zum heute verwendeten Vor-Ort-Austauschs (Scambio Sul Posto), der bei neuen Anlagen wegfällt und bei bestehenden Anlagen am 31.12.2024 eingestellt wird, und des Eigenverbrauchs. Die Bevölkerung muss in Veranstaltungen und durch geeignetes Material darüber informiert werden, wie Photovoltaik eine langfristige Lösung gegen Preisschwankungen der variablen Komponente in der Stromrechnung sein kann (mit einem PUN, dem nationalen Einheitspreis, der innerhalb weniger Monate von 50 Euro/MWh auf 250 Euro/MWh und zu bestimmten Zeitpunkten im Krieg in der Ukraine sogar auf Werte von 500 Euro/MWh anstieg). Andere Formen aktiver politischer Maßnahmen betreffen die Einführung eines Energieeinkommens. Dies bietet Privathaushalten und Einzelpersonen, die nicht über die nötigen finanziellen Mittel verfügen, gezielte Zuschüsse für den Kauf und die Installation von Photovoltaikanlagen (und anderen Anlagen) .

Zu guter Letzt sollte das Konzept von Erneuerbare-Energiegemeinschaften, welches im folgenden Abschnitt behandelt wird, eingehend untersucht und bewertet werden, da dies einen attraktiven Ansatz für eine mögliche erhöhte Anlageninstallation darstellt.

Schlüsselbotschaften:

- **Das PV-Potenzial auf Dächern ist sehr hoch und wird auf 1,35 GW geschätzt.** Dieser Abschätzung wird ein Wirkungsgrad von 15 % und eine jährliche Sonneneinstrahlung von 1.200 kWh/m² zugrunde gelegt.
- Theoretisch bieten die Dächer öffentlicher Gebäude zusätzlich zu den gesetzlichen Auflagen aus dem GvD 199/2021 bis zum Jahr 2030 ein Zusatzpotenzial von 150 MW.
- Detaillierte Stundenanalysen und die anteilige Zuteilung der INEKP-Ziele zeigen, dass das Ziel für 2030 von 400 MW zu niedrig angesetzt ist. Der **tatsächliche Dekarbonisierungsbedarf** liegt insgesamt bei **600-800 MW**.
- Obwohl das PV-Potenzial auf Dächern hoch ist, müssen auch andere Flächen in Betracht gezogen werden, um die jährliche Zubauleistung zu erhöhen und damit die ehrgeizigen Ziele zu erreichen.
- Es wird eine jährliche Anlagenbewertung empfohlen, die einen Anteil der Anlagen ermittelt, welche NICHT auf Dächern installiert sind, wie z. B. Agri-Photovoltaikanlagen.

A1.2. ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

Mit der Richtlinie 2001/2018 der Europäischen Kommission wurde in den Artikeln 21 und 22 das Konzept des kollektiven Eigenverbrauchs und der Erneuerbaren-Energiegemeinschaften eingeführt. Artikel 31 des GvD 199/2021 regelt die Erneuerbaren-Energiegemeinschaften (EEGs) in Italien. Nach einer Übergangsphase, in der die EEGs auf die Sekundärkabinenebene beschränkt und auf 200 kW gedeckelt waren und der Anteil der gemeinsam genutzten Energie gefördert wurde, dehnte das Dekret das Konzept auf die Primärkabine und 1 MW Leistung aus erneuerbaren Energiequellen aus. Darüber hinaus stellt der Nationale Aufbau- und Resilienzplan 2,2 Mrd. Euro für die Gründung von EEGs zur Verfügung.

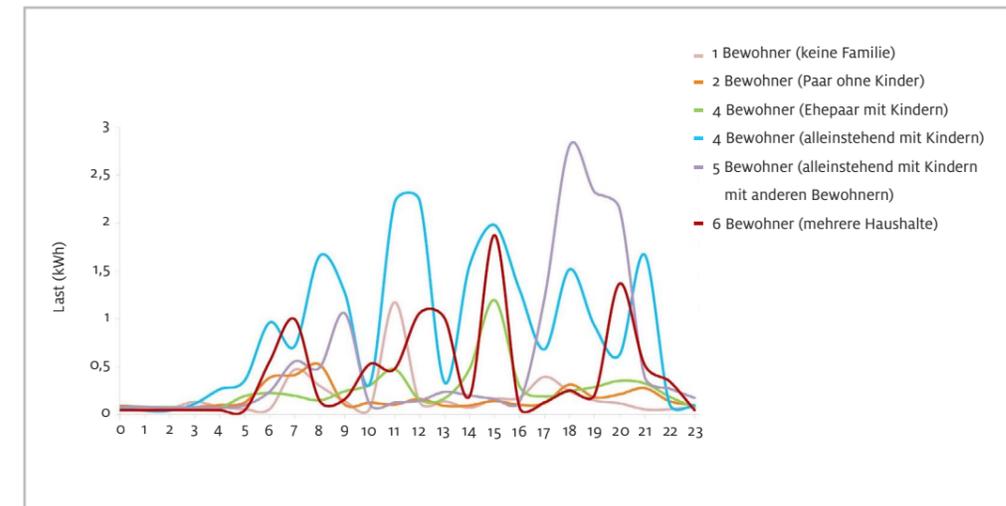


Abb. 38. Beispiele für synthetische Verbrauchsprofile verschiedener Nutzer.

Obwohl es einen echten Bedarf für erneuerbare Energiegemeinschaften gibt, bleiben deren Umsetzung und Auswirkungen womöglich begrenzt. Der sichere Nutzen liegt in den zusätzlich installierten PV-Anlagen (zusätzlich zu Einzelanlagen außerhalb der EEGs). Die Quantifizierung dieser zusätzlichen Quote hängt von der Art der EEG ab, die im Hinblick auf die Heterogenität ihrer Mitglieder identifiziert werden kann. Abb. 38 zeigt dabei beispielartig verschiedene Verbrauchsprofile von möglichen Mitgliedern einer EEG, die in die Betrachtungen miteinfließen. Verschiedene Veröffentlichungen des Instituts für Erneuerbare Energien von Eurac Research analysieren die wirtschaftlichen Auswirkungen von EEGs. Insbesondere die Veröffentlichung von Casalicchio et al.¹³⁴ analysiert die Rolle der Heterogenität der mit einer EEG verbundenen Lasten. Abb. 39 zeigt, dass mit zunehmender Heterogenität der Speicherbedarf sowie die Stromkosten sinken.

¹³⁴ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/solr.202100473>

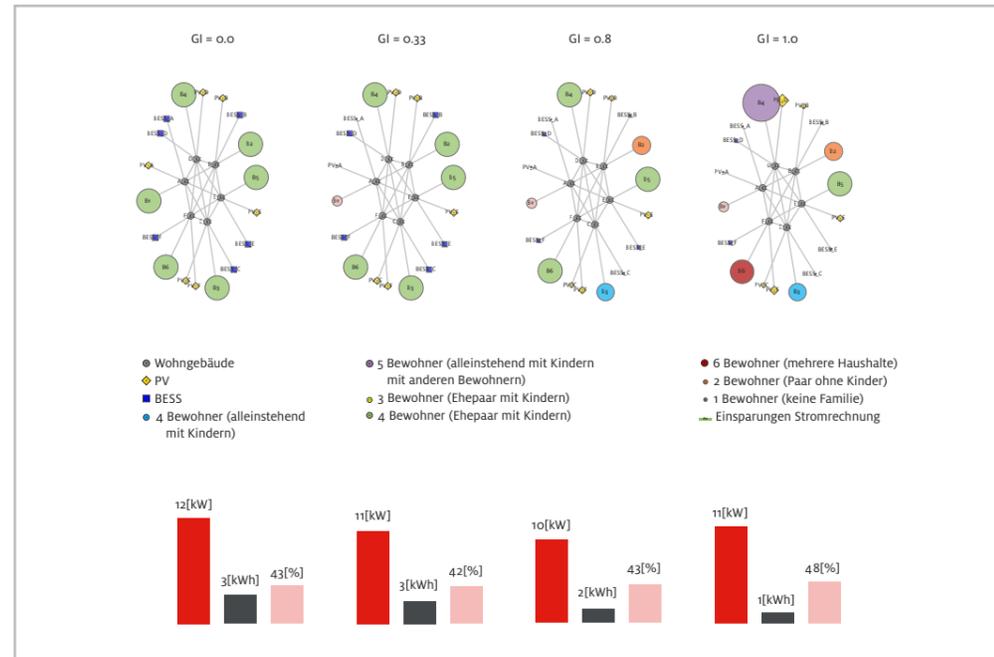


Abb. 39. Ergebnisse der Optimierung von Erneuerbare-Energiegemeinschaften. Oben: Die Grafiken zeigen die Zusammensetzung der EEGs, wobei die Knotenpunkte die Nutzer und die installierten Systeme sind; ihre Größe variiert je nach Stromnachfrage und optimierten Kapazitäten. Unten: Installierte Gesamtkapazität und Einsparung in der Stromrechnung (in grün). Die Heterogenität der EEG nimmt von links nach rechts zu.

Hier stellt sich jedoch das erste Problem der Chancengleichheit: Jede Rechtsperson kann einer EEG beitreten, auch wenn sich ihr Beitritt negativ auf das Geschäftsmodell auswirkt. Ein zweites Problem hängt mit der eingehenden Analyse der Einsparungen in der Stromrechnung zusammen. Bei der Verwendung von Einzelsystemen (Photovoltaik und Batterie) beziehen sich die Einsparungen hauptsächlich auf den Eigenverbrauch und nicht auf die Vergütung des gemeinsam genutzten Stroms, die marginal bleibt.

Erst bei zentralisierten Systemen (eine einzige PV-Anlage, die an den gemeinsamen Verbrauch eines Wohnblocks gebunden ist oder eine EEG versorgt) oder bei Nutzern, die keine PV-Anlage installieren können (in diesem Fall muss jedoch das Verbrauchsprofil bewertet werden), wird der gemeinsam genutzte Anteil signifikant. In diesem Fall muss jedoch sorgfältig geprüft werden, ob der wirtschaftliche Nutzen des Skalierungsfaktors (die Einheitskosten von Euro/kWp für PV und Euro/kWh für Batterien) den wirtschaftlichen Verlust durch das Fehlen oder die Verringerung des direkten Eigenverbrauchs zugunsten der Vergütung des gemeinsamen Energieanteils rechtfertigt. Bei Kostensteigerung pro kWh vergrößert sich die Einsparungsdifferenz aus Eigenverbrauch und Förderung für den gemeinsamen Anteil.

Den in die EEGs gesetzten Hoffnungen stehen also komplexe Schwierigkeiten bei ihrer Umsetzung gegenüber, und die tatsächlichen Auswirkungen nach ihrer Gründung sind abzuwägen (im Vergleich zu einzelnen, nicht gemeinschaftlich genutzten Anlagen). Insofern ist es wichtig zu analysieren, inwieweit EEGs neue Installationen vorantreiben und somit eine Triebkraft für den Ausbau der installierten PV-Kapazität sein können, oder ob sie lediglich einen Mehrwert für neue Installationen darstellen, die auch unabhängig davon getätigt werden würden.

Als Basisfall kann der Anteil der installierten Leistung gemäß den durch das GvD 199/2021 eingeführten gesetzlichen Auflagen (Abb. 40) betrachtet werden. Das Dekret sieht vor, dass die Installation von Anlagen, die mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, anhand einer Formel und vorher festgelegter Koeffizienten zu erfolgen hat.

Mögliches Szenario:

- Jährliche Nachrüstungsrate von 1 % der Gebäudefläche;
- Neuinstallationsrate von 0,2 % der Gebäudefläche.

2. Obblighi di utilizzo di impianti a fonti rinnovabili

1. Gli edifici di cui al paragrafo 1, punto 1, sono progettati e realizzati in modo da garantire, tramite il ricorso ad impianti alimentati da fonti rinnovabili, il contemporaneo rispetto della copertura del 60% dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria e del 60% della somma dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva.

2. Gli obblighi di cui al punto 1 non possono essere assolti tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi per la produzione di calore con effetto Joule.

3. La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = k \cdot S$$

Dove:

- k è uguale a 0,025 per gli edifici esistenti e 0,05 per gli edifici di nuova costruzione;
- S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno ovvero la proiezione al suolo della sagoma dell'edificio, misurata in m^2 . Nel calcolo della superficie in pianta non si tengono in considerazione le pertinenze, sulle quali tuttavia è consentita l'installazione degli impianti.

Abb. 40. Text des GvD 199/2021 über die Auflagen für die Nutzung von Anlagen, die mit erneuerbarer Energie betrieben werden.

Mit diesen Werten ergibt sich unter Verwendung der k-Koeffizienten gemäß Dekret 199/2021 eine installierte Jahresleistung von ca. 10 MW/Jahr. Diese Verpflichtung ist in der aktuellen Umsetzung des GvD 28/2011 auf Landesebene nicht berücksichtigt, was die Installation von PV-Anlagen womöglich in vielen Fällen verlangsamt hat (einfach zu berechnen durch Analyse der Prozentsätze von Neubauten und Gebäudesanierungen im Zeitraum 2011-2020). Die Umsetzung der aktualisierten RED

II auf Landesebene könnte bis 2030 eine zusätzliche installierte Leistung von etwa 80/90 MW bringen.

Der Klimaplan – Update 2021 sieht folgende Maßnahme vor:

„Sofern technisch und wirtschaftlich realisierbar, ist ab 2022 der Bedarf an elektrischer Energie neuer Gebäude und von Gebäuden, die größeren Renovierungen unterzogen werden, mit erneuerbaren Energiequellen abzudecken, die am oder im Gebäude oder seinen Anbauten installiert sind und einer elektrischen Leistung von mindestens 30 W pro m² überbauter Fläche entsprechen.“

Diese Maßnahme würde für renovierte Gebäude einen höheren Wert als im GvD 199/2021 vorsehen, für neue Gebäude jedoch einen niedrigeren. Insgesamt würde das im Vergleich zu den im GvD 199/2021 vorgesehenen 10,5 MW/Jahr einen Wert von 10,8 MW/Jahr ergeben.

Unter den derzeitigen gesetzlichen Voraussetzungen – PV-Anlagen ausschließlich auf Dächern zuzulassen – kann man das für 2030 gesetzte Ziel von 400 MW nur erreichen, indem man das PV-Potenzial öffentlicher Gebäude (ca. 50 MW) voll ausschöpft und die Verpflichtung durchsetzt, auf neuen Gebäuden und umfassend sanierten Gebäuden PV-Anlagen zu installieren. Die Installation aufgrund gesetzlicher Auflagen sollte dann von Jahr zu Jahr überwacht werden, um festzustellen, ob der Trend dem angenommenen Szenario entspricht. Für den Fall, dass die Jahresziele nicht erreicht werden, sollte zudem die Möglichkeit bestehen, Anlagen auch auf anderen Flächen als Gebäudedächern zu installieren. Dies wird vor allem dann notwendig werden, wenn das Ziel für 2030 nach oben korrigiert wird und daher die Installation auf öffentlichen Gebäuden und die gesetzlichen Auflagen nicht ausreichen.

Schlüsselbotschaft:

- **Erneuerbare-Energiegemeinschaften (EEGs)** stellen eine Revolution dar, da sie die gemeinsame Nutzung von Energie ermöglichen. **Es ist sehr schwierig, den entsprechenden Beitrag** abzuschätzen. Jedenfalls ist es empfehlenswert, die Dächer öffentlicher Gebäude maximal zu nutzen, was die Entstehung von EEGs ankurbeln könnte.

A1.3. MÖGLICHKEIT DER SANIERUNG HISTORISCHER GEBÄUDE

Auf europäischer Ebene, aber vor allem in Südtirol gibt es eine nennenswerte Anzahl an historischen Gebäuden, insbesondere wenn man nicht nur jene betrachtet, die formal unter Denkmalschutz stehen!

Eine erste Abschätzung über den historischen Gebäudebestand in Südtirol ergibt, dass über 20 000 Gebäude vor 1945 gebaut wurden. Heruntergebrochen auf die Gemeindeebene und bezogen auf den Wohngebäudebestand von 2001 zeigt sich in Abb. 41 ein eindrucksvolles Bild: In mehr als 10 Gemeinden fallen mehr als 40 % des Wohnungsbestandes in diese Kategorie, ganz vorne mit dabei die beiden größten Städte Bozen und Meran (mit 37 % bzw. 41 %).

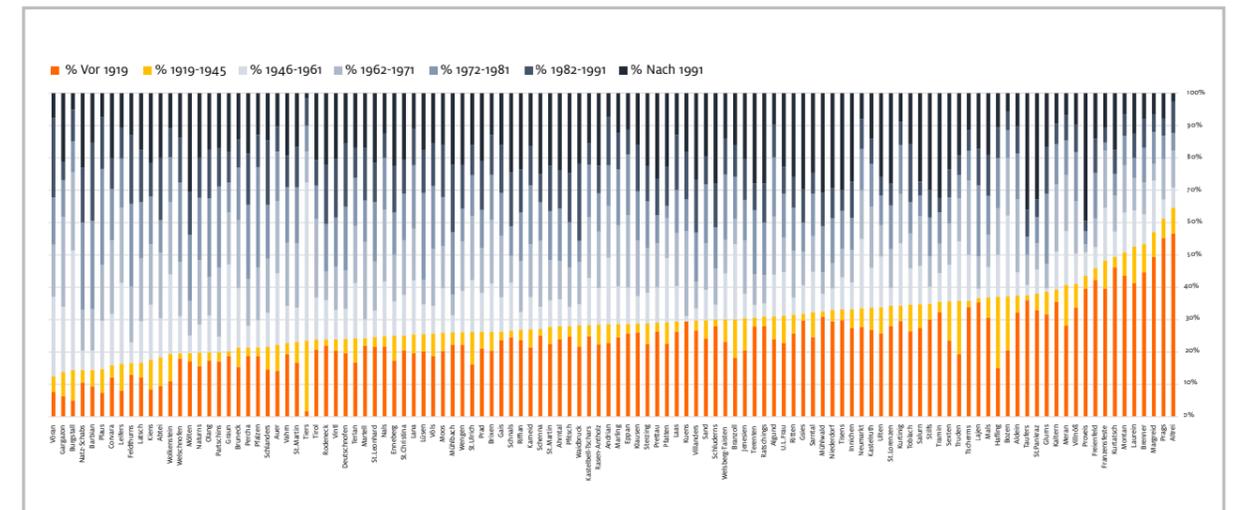


Abb. 41. Historische Gebäude in Südtirol – eine nennenswerte Anzahl, vor allem wenn man nicht nur jene betrachtet, die formal unter Denkmalschutz stehen (Quelle: Eurac Research – Projekt hBATec)

Wie sieht der internationale Vergleich aus? Beim Vergleich der Anteile historischer Gebäude spielt Südtirol bei den vor 1919 errichteten Gebäuden neben Frankreich, Dänemark und Österreich in der „hohen Liga“ und liegt erstaunlicherweise deutlich über Italien (insgesamt). Gemeinden wie Meran haben mit einem Anteil von 41 % historischer Gebäude deutlich mehr historisches Potential als regionale und nationale Mittelwerte.

	EUROPA	FRANK-REICH	ITALIEN	DEUTSCH-LAND	SÜDTIROL	MERAN
vor 1919	14.3 %	22.8 %	14.3 %	8 %	23 %	28 %
1919-1945	12.1 %	12.1 %	9.9 %	6 %	6 %	13 %
vor 1945	26.4 %	34.1 %	24.2 %	14 %	29 %	41 %

Tabelle 8. Vergleich der Anteile historischer Gebäude in Europa

Dabei ist klar, dass nicht jedes Gebäude von vor 1945 unbedingt erhaltenswert ist und gleichzeitig auch eine ganze Menge neuerer Gebäude dies sehr wohl sind. Gerade die Nachkriegsbauten, Siedlungen aus den 1950er Jahren usw. beginnt die Gesellschaft in ihren **architektonischen, kulturellen und sozialen Werten** wahrzunehmen und wertzuschätzen.



Abb. 42. Historische Gebäude in Südtirol – landschafts- und ortsbildprägend.

Betrachtet man allein den denkmalgeschützten Bestand (s. Abb. 5), wird deutlich, dass die **be-wohnten Gebäude** den Löwenanteil ausmachen. Bei den erhaltenswerten, nicht formal geschützten Gebäuden dürfte der Anteil noch größer sein. Sie zu erhalten bedeutet i.d.R., sie weiter zu nutzen und gleichzeitig aufzuzeigen, dass das Erhalten der historischen und architektonischen Werte sehr gut einhergehen kann mit behaglichem Wohnen bei deutlich reduziertem Energiebedarf.

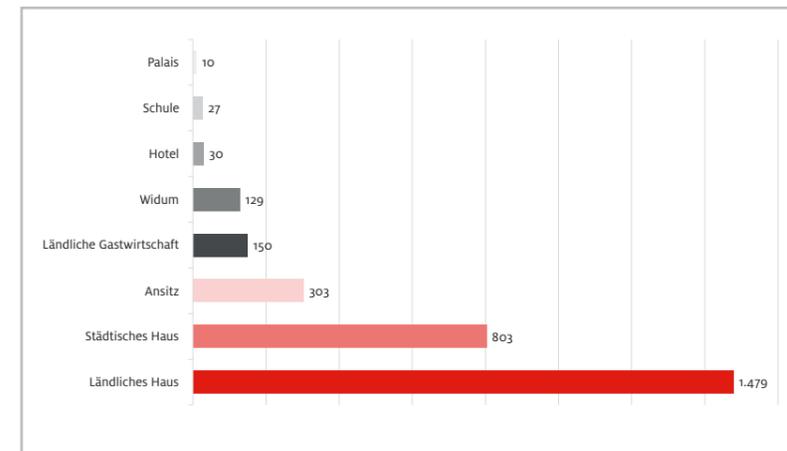


Abb. 43. Anzahl der denkmalgeschützten Gebäude in Südtirol nach Kategorie [Quelle Eurac Research, Projekt hBATec].

Das zeigen auch die unter der Leitung von Eurac Research im HiBERAtlas¹³⁵ (Historic Buildings Energy Retrofit Atlas) gesammelten Erfahrungen aus Best Practice Beispielen in Südtirol und international: **Ein niedriger Energiebedarf ist durchaus erreichbar!** Und es gilt nicht: Je älter das Gebäude ist, desto weniger kann es energetisch saniert werden. Eher sind es bestimmte Konstruktionen wie z. B. Fachwerk, die das Einsparen schwieriger machen. Wichtig ist es, für das jeweilige Gebäude die richtigen Einsparmaßnahmen zu finden und nicht einen Maximalbedarf – wie er im Neubau durchaus sinnvoll ist – festzulegen.

¹³⁵ www.hiberatlas.com

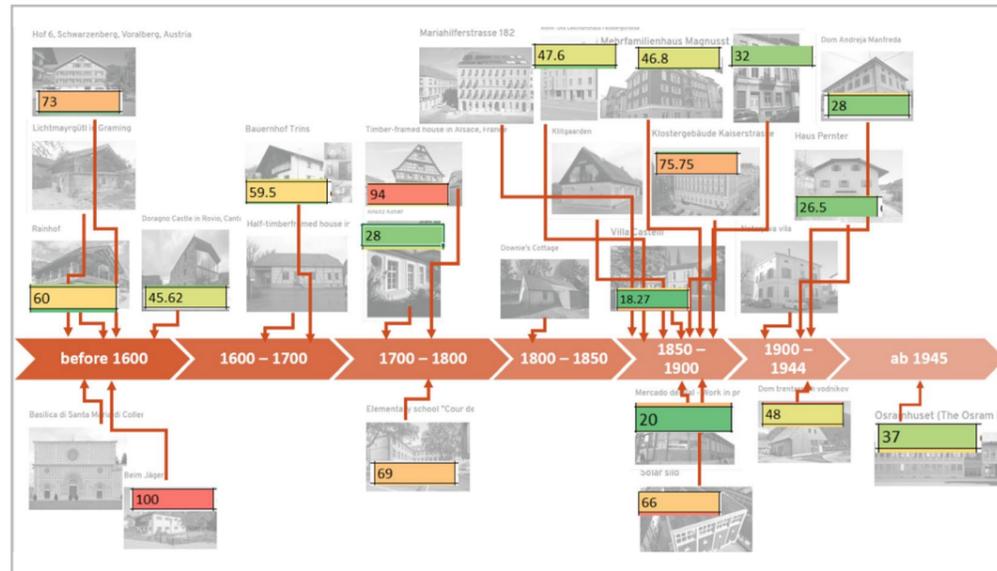


Abb. 44. Beispiele aus dem HiBERAtlas über die Zeitleiste, Energiebedarf nach Sanierung in kWh/m²a

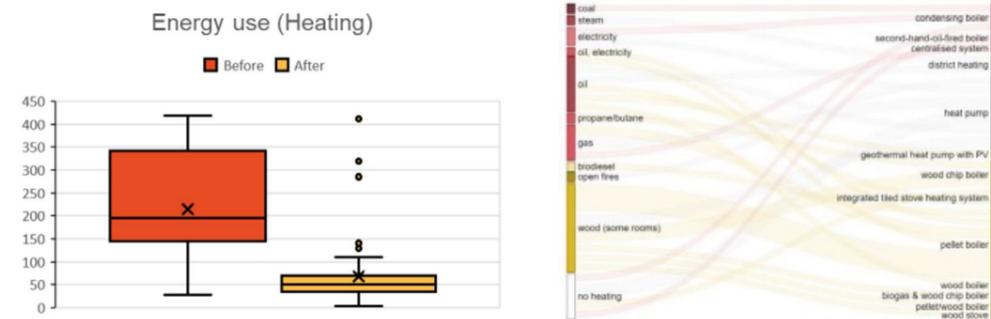


Abb. 45. Aus der Analyse der Gebäude im HiBERAtlas: erreichbarer Energiebedarf nach Sanierung im Mittel bei 50 kWh/m²a, Wechsel des Heizungssystems mit kleinem fossilen Anteil (hauptsächlich Gas); Schwerpunkt auf Wärmepumpe und Biomasse (Wechsel von Ofen für einen/wenige Räume zu Pellet)

Welche Maßnahmen sind das? In der Regel ist es eine Kombination mehrerer Maßnahmen:

- eine **Dämmung des Daches** ist oft sehr gut durchzuführen,
- ebenso die **Dämmung zum Keller** bzw. der Bodenplatte zum Erdreich;
- die **Dämmung der Wände** ist bei dem in Südtirol üblichen geringen Fensterflächenanteil ein wichtiger Aspekt – und hier sind eine Reihe von Varianten denkbar:
 - **Innendämmung** ist oft die Maßnahme der Wahl – eine gute Lösung, die allerdings eine seriöse Planung des Feuchtehaushalts und der Anschlussdetails voraussetzt,
 - aber auch **Außendämmung** ist nicht immer ausgeschlossen – vor allem wenn das Gebäude nicht unter Denkmalschutz steht – bauphysikalisch ist dies einfacher umzusetzen. Es gibt Varianten, die dem Gebäude gerecht werden, die nicht notwendigerweise eine ebene Oberfläche schaffen usw.
 - ein **Dämmputz** außen, sei es als alleinige Maßnahme oder auch in Kombination mit Innendämmung ist oft auch eine gute Lösung, denn eine Steinwand – und sei sie auch einen halben Meter dick – ist dennoch ein schlechter Isolator.
- die **Verbesserung der Fenster** ist oft eine erste Maßnahme, an die Bauherren denken, da sie sich einfacher umsetzen lässt als viele andere Maßnahmen. Hier gilt insbesondere für historische Gebäude, dass Verbessern nicht unbedingt heißen muss, das Fenster auszutauschen: im Projekt PLANfenster¹³⁶ wurde die ganze Bandbreite von Möglichkeiten quantifiziert und durch Beispiele illustriert.
- Und schlussendlich hilft eine **Lüftungsanlage** mit Wärmerückgewinnung nicht nur Energie einzusparen, sondern auch den Komfort zu erhöhen und bauphysikalische Knackpunkte wie z. B. das erhöhte Schimmelrisiko bei falschem manuellen Lüften zu vermeiden.

Im HiBERAtlas sind nicht nur die einzelnen Maßnahmen beschrieben, es wird vielmehr aufgezeigt, warum genau diese Maßnahme die richtige Wahl für dieses Gebäude ist. Kritikloses Nachmachen funktioniert im sensiblen Bestand nicht – **wohl aber kann man von den Erfahrungen anderer lernen!**

Dass energetisches Sanieren auch mit den steigenden Temperaturen in Zeiten des **Klimawandels** wichtig bleibt, hat Lingjun Hao in ihrer Doktorarbeit gezeigt, ganz speziell am Beispiel historischer Gebäude: die Einsparungen durch Sanieren sind um ein Vielfaches höher als die Reduzierung des Heizbedarfs bei steigenden Temperaturen. Der Klimawandel bringt das Risiko von Überhitzung (*overheating*) mit sich, auch in Gegenden, in denen dies bisher nicht der Fall war. Mit einem gut durchdachten Konzept aus Nachtlüften und Verschattung kann dieses Problem gelöst werden, was die Bozner Bevölkerung an den historischen Gebäuden der Stadt bestätigen kann und Hao in Arbeit quantifiziert hat.

¹³⁶ <https://www.eurac.edu/en/institutes-centers/institute-for-renewable-energy/projects/planfenster>

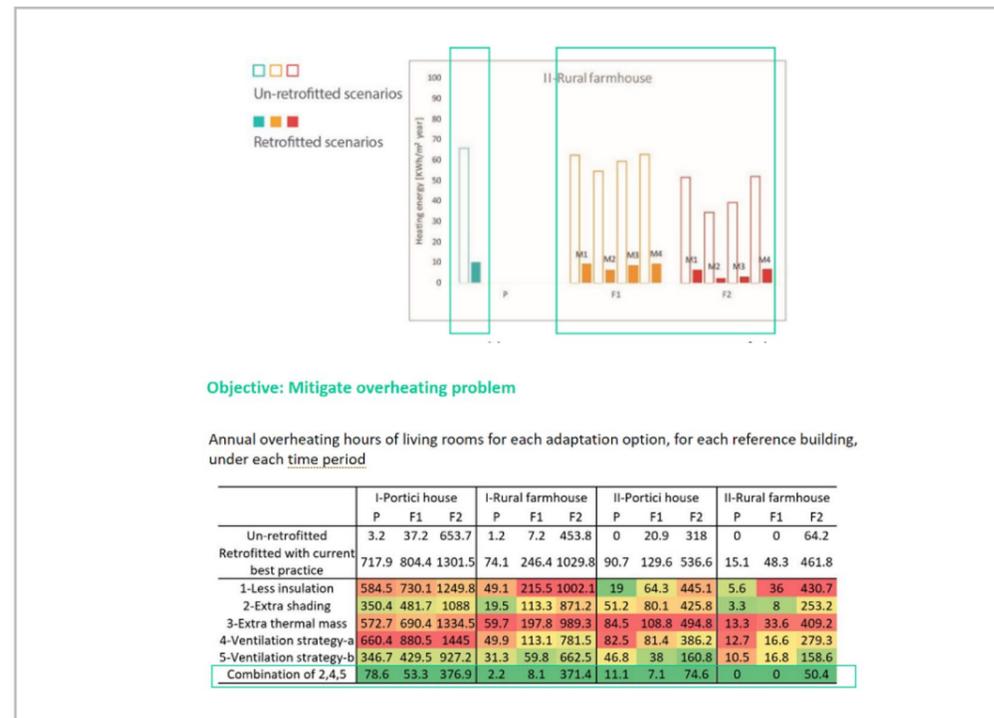


Abb. 46. Links: Heizwärmebedarf heute (P), um 2050 (F1) und 2100 (F2) für verschiedene Klimawandel -Szenarien (M1-M4) für nicht sanierte Gebäude (umrahmter Balken) und sanierte (vollflächig farbiger Balken).

Rechts: Stunden mit zu hoher Temperatur für Laubenhäuser und ländliche Gebäude in Klimazone I (Bozen) und II (Vinschgau): Lüften und Verschatten wirken dem ansonsten steigenden Überhitzungsproblem entgegen (unterste Zeile, grün) [PhD Hao].

Ebenfalls durch Klimawandel verursachter erhöhter **Schlagregen** sollte beim Planen von Sanierungen berücksichtigt werden. Denn Schlagregenschutz und Innendämmung stehen in einer engen Beziehung zueinander: Entweder muss der Außenputz genügend Schutz aufweisen oder das gewählte Dämmsystem ausreichendes Trocknen nach innen erlauben. Hier fehlen derzeit sowohl gemessene Werte zur Wasseraufnahme der typischen Konstruktionen als auch Werkzeuge, die es den Planern erlauben, die richtige Wahl zu treffen. CasaClima Pro Hygrothermal¹³⁷ ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung, muss aber noch mit mehr Materialdaten gefüttert und durch Umsetzungsbeispiele ergänzt werden.

¹³⁷ <https://www.agenziacasaclima.it/procasaclima-hygrothermal--9-1673.html>

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist jener des **Lebenszyklus**: historische Gebäude zeigen ganz offensichtlich, dass ein Gebäude nicht nur für 30 oder 50 Jahre gebaut wird. Viele der Gebäude, um die es in diesem Abschnitt geht, sind hunderte Jahre alt und wurden in diesem Zeitraum immer wieder repariert, verbessert und weitergebaut.

Die Betrachtung des Lebenszyklus ist auch ein Argument, das Denkmalpfleger richtigerweise ins Feld führen, wenn es um den Erhalt der Gebäude geht: Es ist energetisch in der Regel sinnvoller, das bestehende Gebäude zu ertüchtigen, als es abzureißen und ein neues zu bauen. Aber das „Nichts tun“ ist die schlechteste aller denkbaren Varianten.

Das Projekt PLANfenster¹³⁸ hat sich mit dem Thema Fenster in historischen Gebäuden beschäftigt. Aus den Analysen geht klar hervor, dass alte Fenster nicht unbedingt ersetzt werden müssen, um Behaglichkeit und Energieeffizienz zu erreichen. Die Bandbreite der möglichen Ertüchtigungen zwischen minimalinvasiv bis zum Austausch ist groß, und schon die Ergänzung um eine Glasebene, oder der Austausch der inneren Verglasung im Kastenfenster durch eine 2-fach Verglasung führen u.U. zu ähnlichen Werten wie neue Fenster.

Die von den Kultusministern unterzeichnete Erklärung von Davos 2018 zur **Baukultur** und die **New European Bauhaus Initiative**¹³⁹ der EU unterstreicht die Wichtigkeit des Zusammenspiels aus Ästhetik, kulturellen Werten, sozialen Belangen und Nachhaltigkeit. Es ist an uns – Gesellschaft, Architekten, Bauherren ... – den Prozess zu gestalten und die Möglichkeiten zu nutzen wie zum Beispiel aus dem Leerstand nachhaltige, behagliche, kulturell wertvolle Räume zum Arbeiten und Wohnen zu schaffen.

Es ist nicht sinnvoll, historische Gebäude aus Klimaschutz-Bemühungen heraus auszuschließen! Es geht darum, den Dialog zu suchen, und ein Bewusstsein dafür zu schaffen, was wie möglich ist. Franziska Haas, Senior Forscher bei Eurac Research und Präsidentin des ICOMOS *Scientific Committee for Energy, Sustainability and Climate Change*, hat dies kürzlich in Form von **10 Thesen** formuliert. Diese unterstützen einen konstruktiven Ansatz in den derzeit hinsichtlich der Neuauflage der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) von Befürchtungen und Abwehr geprägten Kreisen des Denkmalschutzes. Hier sind sie zu **drei Empfehlungen** zusammengefasst:

— **Denkmalpflege ernst nehmen und in Klimaschutz einbinden!**

- Unser Kulturerbe ist durch den Klimawandel bedroht. Die Klimaziele des Pariser Abkommens zu erreichen, könnte unsere letzte Chance sein, es zu erhalten! Es ist deshalb klares Ziel der Denkmalpflege einen Beitrag zur Mitigation zu leisten.
- Historische Gebäude sind relevant! Sie sind entscheidend für einen CO₂-neutralen Gebäudebestand.
- Die Bewahrung kultureller und sozialer Werte ist ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz.

¹³⁸ <https://www.eurac.edu/it/institutes-centers/istituto-per-le-energie-rinnovabili/projects/planfenster>

¹³⁹ https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en

— Wertebasierte Sanierung ermöglichen, indem Werte und Ressourceneffizienz mitbetrachtet werden und angepasste Lösungen genehmigt werden können, auch wenn bauteilbezogene Grenzwerte nicht ganz eingehalten werden

- Ausnahmen von den Mindeststandards müssen für erhaltenswerte Gebäude möglich sein. Da die Ausweisungsverfahren unterschiedlich geregelt sind, muss die Umsetzung bei den Mitgliedsstaaten liegen.
- Wir brauchen wertorientierte Strategien, die die Energieeffizienz für bestehende Gebäude und architektonische UND historische Werte in ihrer ganzen Komplexität berücksichtigen.
- Historische Gebäude sind Ressourcen – in Bezug auf Energie und darüber hinaus. Es werden zunehmend Ökobilanzen eingesetzt, um die Umweltauswirkungen ihrer Erhaltung und Restaurierung aufzuzeigen.
- LCA-Studien zeigen: Sanierungen – auch unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes – schneiden besser ab als der Austausch des bestehenden Gebäudes durch einen Neubau. Nichts zu tun, ist hingegen meist die ökologisch schlechteste Option.
- Gebäude können nur erhalten werden, wenn sie auch genutzt werden. Best-Practice-Fallstudien zeigen, dass auch für historische Gebäude eine angemessene Verbesserung unter Wahrung ihrer kulturellen Werte erreicht werden kann.

— Sanierung fördern, um regionale Akteure und Kreisläufe zu begünstigen, und CO₂ „ab sofort“ einzusparen!

- Schließlich geht es nicht darum, einzelne Gebäude auf Null-Energie-Standard zu renovieren, sondern darum, einen CO₂-neutralen Gebäudebestand zu erreichen. Gebäude zu sanieren, heißt außerdem, mit geringer CO₂-Investition in die Maßnahmen sofort CO₂ Emissionen einzusparen – das neue Gebäude braucht zunächst Zeit, um den Bauaufwand auszugleichen.
- Finanzierungsmodelle, die sowohl Energieeffizienz als auch den Erhalt des kulturellen Erbes fördern, wirken sich positiv auf die lokale Wirtschaftsentwicklung aus. Sanieren heißt, mit lokalen Unternehmen und Handwerkern zu arbeiten und somit Geld in „Köpfe und Hände“, nicht in Material, zu investieren.

Schlussendlich: das Flair historischer Gebäude – und besonders gelungener Sanierungen – können Bauherren überzeugen, dass energetische Sanierungen zu befürworten sind.

A1.4. SCHAFFUNG EINER EINHEITLICHEN ENERGIEDATENBANK FÜR DIE PROVINZ

Im Folgenden wird die Möglichkeit dargelegt, eine integrierte Reihe georeferenzierter Datenbanken für den Energiesektor zu schaffen. Ziel ist, den aktuellen Stand und die Entwicklung nachhaltiger Bedingungen im Energiebereich auch im Hinblick auf sozioökonomische Aspekte zu analysieren, was dem Südtiroler Wirtschaftssystem insgesamt zugutekommt.

Tatsächlich kann man Energie als wirtschaftliche Triebkraft und als „Vermögenswert“ der meisten Wirtschaftstätigkeiten betrachten.

Bislang sind die Südtiroler Energiedaten auf zahlreiche Datenbanken in unterschiedlichen Formaten und Strukturen verteilt. Einige sind online zugänglich, andere nur auf Anfrage. In vielen Fällen gibt es keine Verbindung zwischen den einzelnen Datenbanken. Um die verschiedenen Datenbanken auch nur zu erfassen, ist schon eine eingehende Analyse und der Austausch mit verschiedenen Betreibern nötig. All die Daten zusammenzuführen erfordert eine spezifische Bearbeitung, die mehrere Tage oder Wochen dauern kann.

Mit einer einzigen integrierten Datenbank auf Landesebene wäre es jedoch möglich, die Nachhaltigkeitsprofile der verschiedenen Akteure des Wirtschaftssystems (Staat, Haushalte, Unternehmen) lang- und mittelfristig systematisch zu analysieren.

Außerdem würde eine solche Datenbank, die von interessierten Privatleuten ebenso konsultiert werden könnte wie von den auf Energiedienstleistungen spezialisierten Unternehmen, eine erste Einschätzung der aktuellen Energiesituation eines bestimmten Gebäudes oder Gebiets geben sowie einen Ausblick auf mögliche Entwicklungen.

Die verschiedenen unzusammenhängenden Maßnahmen zum Thema „Energiedaten“ der letzten Jahre könnten durch diese Initiative weiterentwickelt werden und eine organische Struktur erhalten.

Ziel ist eine Plattform, die öffentliche Akteure, Unternehmen (z. B. Energiedienstleister), Privatpersonen und das Landesforschungssystem in Echtzeit nutzen können. Die Daten sollen für alle einsehbar sein und eine erste Einschätzung darüber geben, wie die aktuelle Energiesituation eines bestimmten Gebäudes, Viertels oder Gebietes aussieht und was mögliche künftige Entwicklungen, Projektideen, Investitionsmöglichkeiten sein könnten. Darüber hinaus kann diese Datenbank der gemeinsamen Entwicklung weiterer spezialisierter Plattformen im Zusammenhang mit Energieverbrauch, -erzeugung und -verteilung dienen.

Was spricht dafür:

- Das Programm zur Sanierung öffentlicher und privater Gebäude (mit dem vorrangigen Ziel, Energie zu sparen, und dem zusätzlichen Ziel, den Bausektor anzukurbeln) beinhaltet eine Bewertung der Zweckmäßigkeit von Maßnahmen an Gebäuden bzw. der Priorität von Maßnahmen mit höherem Energiesparpotenzial, die ebenfalls auf den Daten zur Energieeffizienz des Gebäudebestands beruht;

- Der Unternehmenssektor des Baugewerbes (einschließlich KMU und Handwerker – LVH/ CNA) befürwortet die Einrichtung einer Datenbank, die es den Unternehmen ermöglicht, ihre Innovations- und Entwicklungsstrategien zu planen (Produkte und Dienstleistungen für die energetische Sanierung, Abwärmerückgewinnung usw.);
- Öffentliche und private Gebäudeeigentümer, die Zugang zu Energiedaten haben, werden stärker für Fragen der Energieeinsparung sensibilisiert; dies beschleunigt den kulturellen Wandel, der erforderlich ist, um die Klimaziele zu erreichen;
- Die Aktivierung von Erneuerbare-Energiegemeinschaften erfordert notwendigerweise eine Untersuchung des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung im betreffenden Gebiet;
- Die Maßnahmenpläne für nachhaltige Energie und Klima laufend zu überprüfen ist notwendig, um zu gewährleisten, dass die gesetzten Ziele erreicht werden oder die Maßnahmen gegebenenfalls rechtzeitig korrigieren zu können. Bislang obliegt das Monitoring ausschließlich öffentlichen Behörden, die häufig keinen oder nur eingeschränkten Zugang zu den einschlägigen Datenbanken haben und erhebliche Ressourcen aufwenden müssen.
- Das Monitoring des Klimaplan selbst erfordert aktuelle und zugängliche Datenbanken sowie Leistungsindikatoren (Key Performance Indicators – KPIs), die automatisch oder halbautomatisch mit einer hohen und vorab festgelegten Häufigkeit berechnet werden.

DATEN	QUELLE
Geschätzter Energiebedarf – beheiztes Volumen	Kataster, 3D-Lidar-Erhebungen, SEAB usw., Projekt Tabula, Projekt StreamPAB, Projekt Greta (Eurac Research), Projekt Hotmaps (Eurac Research) und Enermaps (Eurac Research) usw., ASTAT, KlimaHaus-Zertifizierungen
Häusliche Heizungsanlage – Typ, Leistung, Brennstoff	Heizkesselkataster, Energieverteiler, ASTAT
Anlagen für erneuerbare Energien – Photovoltaik, Leistung / Solarthermie – Fläche	ENEA, Satelliten-/Flugzeugbilder, Provinz – APA, Amt für Energie und Klimaschutz
Wärmepumpen	ENEA, Provinz – APA, Amt für Energie und Klimaschutz
Fernwärmenetze und -anschlüsse	Provinz – APA, Amt für Energie und Klimaschutz, Alperia, SEV - Südtiroler Energie Verband
Methanverteilungsnetze und -anschlüsse	SEAB
Energieausweise	KlimaHaus-Agentur
Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit steuerlichen Anreizen	ENEA, Agentur für Einnahmen, Provinz – APA, Amt für Energie und Klimaschutz
Abwärme aus Produktionstätigkeiten	Projekt Life4Heat Recovery (Eurac Research)
Potenzielle Sonneneinstrahlung	Solarkataster (Solar Tirol, Solarkataster Bozen usw.), Hotmaps (Eurac Research)

DATEN	QUELLE
Geothermisches Potenzial bei niedrigen Temperaturen	Projekt Alpine Space GRETA, Hotmaps (Eurac Research)
Potenzial für Windkraftanlagen	Projekt Recharge.green, Hotmaps (Eurac Research)
Restliches hydroelektrisches Potenzial	Projekt Recharge.green
Biomassepotenzial der Wälder	Projekt BiomassFor; Projekt Recharge.green
Bereitschaft zur Energiewende und Energieverhalten	Fragebögen, Soziale Medien
Mobilität und Transport	Opendata Hub Südtirol (Fahrzeugzähler, Fahrradzähler usw.), ACI, STA, Projekt Mobster (Eurac Research), Projekt EVA (Eurac Research), LifeAlps (SASA, IIT, Eurac Research), BrennerLEC (A22, NOI)
Städtische Wärmeinseln	Satellitendaten, ENVIMET-Modelle (Eurac Research)
Energiegemeinschaften	Betreiber

Tabelle 9. Vorläufiger Überblick über Daten und Quellen, die Teil der Datenbank sein könnten

Im Folgenden einige Beispiele, wie georeferenzierte und nicht georeferenzierte Energiedaten verwendet werden können, um Instrumente zur Unterstützung der Energiewende auf städtischer und territorialer Ebene zu entwickeln.

Schätzung des georäumlichen Wärmebedarfs von Gebäuden und Sanierungsszenarien. Projekt Interreg GRETA – Alpenraum¹⁴⁰.

Es handelt sich um ein räumlich explizites Bottom-up-Instrument zur Analyse des Wohngebäudebestands. Verschiedene Eingabedaten sind ohne „Archetyp-Ansatz“ und Simulationenwerkzeuge in ein geografisches Informationssystem (GIS) eingearbeitet. Insbesondere kann die Energiebilanz auf Gebäudeebene für eine ganze Region untersucht werden (unter Verwendung des MD 26/06/2009 und der Norm UNI/TS 11300-1:2014).

Die wichtigsten Outputs sind die georeferenzierte Schätzung des Heizungsbedarfs von Wohngebäuden. Diese GIS-gestützte Methodik ist als Teil eines umfassenderen räumlichen Entscheidungsunterstützungssystems (SDSS) für die Entwicklung nachhaltiger Energiepläne konzipiert. Sie bezieht erneuerbare Energieträger in die energetische Sanierung des Gebäudebestands ein. Dabei sind die Maßnahmen Teil einer weitreichenden lokalen und regionalen Entwicklungsstrategie, die sämtliche Besonderheiten des Gebiets berücksichtigt.

¹⁴⁰ <https://www.alpine-space.org/projects/greta/en/home>

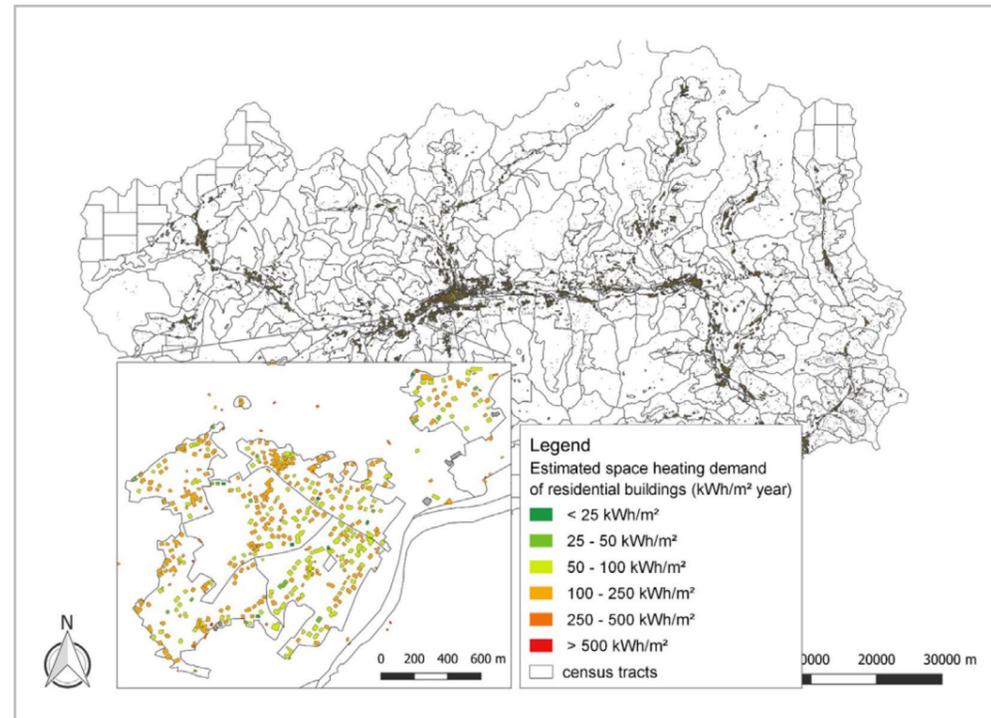


Abb. 47. Klassen des Wärmebedarfs von Gebäuden, in kWh/m² pro Jahr; im Kasten ein Ausschnitt aus dem Dorf Saint Maurice, Gemeinde Sarre. Quelle: Eurac Research für das Projekt GRETA, V. D'Alonzo 2019

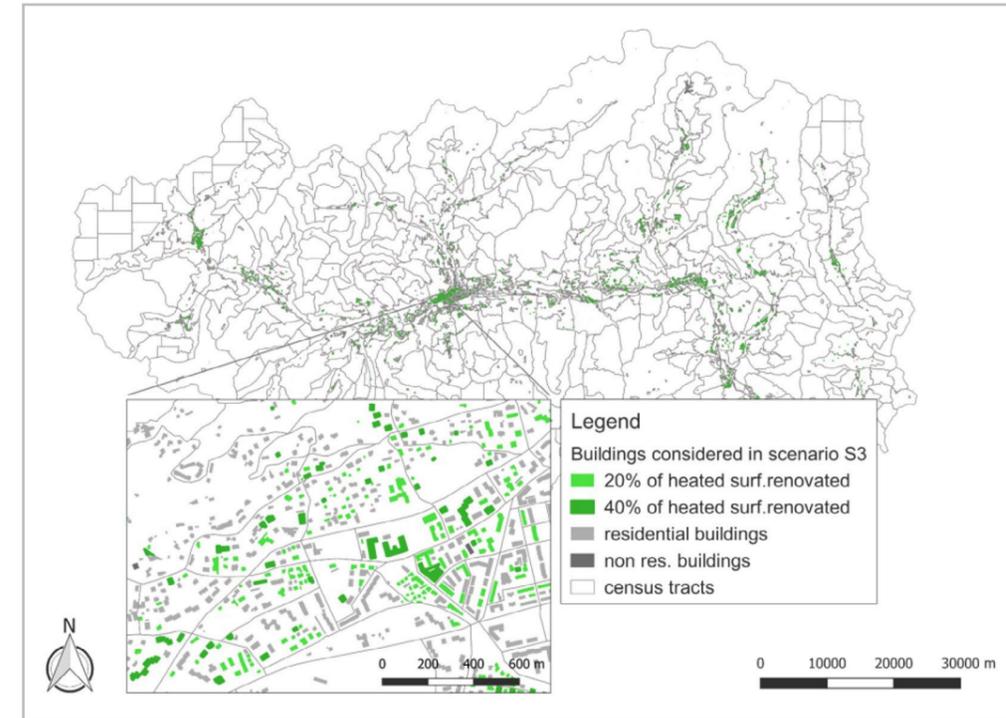


Abb. 48. Beispielszenarien: Gebäude, die nach kg CO₂e/Euro geordnet sind und unter 20 % bzw. 40 % der betroffenen beheizten Fläche fallen. Im Kasten ein Auszug aus der Gemeinde Aosta. Quelle: V. D'Alonzo 2019

Abschätzung des Potenzials erneuerbarer Energien und Charakterisierung von Gebäuden auf europäischer Ebene. Projekt Horizon2020 Hotmaps¹⁴¹

Im Rahmen des Projekts wurden über eine Webplattform verfügbare Instrumente zur Schätzung des Wärmebedarfs im Wohnungssektor entwickelt. Diese ermöglichen es, auf Landesebene das Potenzial verschiedener erneuerbarer Energiequellen abzuschätzen, z. B. das Potenzial von dachintegrierter Photovoltaik und Solarthermie, von Windkraft und von Biomasse. Zudem wurden im Rahmen des Projekts auch Daten zur Charakterisierung des europäischen Energiesystems gesammelt, beispielsweise die nationale Charakterisierung von Gebäuden im Wohnungs- und Dienstleistungssektor. Sofern verfügbar, können die Nutzer die Plattform-Tools mit ihren eigenen Daten nutzen. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Instrumente wurden verwendet, um die umfassenden Bewertungen (Comprehensive Assessments) von Österreich, Bulgarien, Estland, Deutschland, Portugal und Slowenien zu erstellen.

¹⁴¹ <https://www.hotmaps-project.eu/>

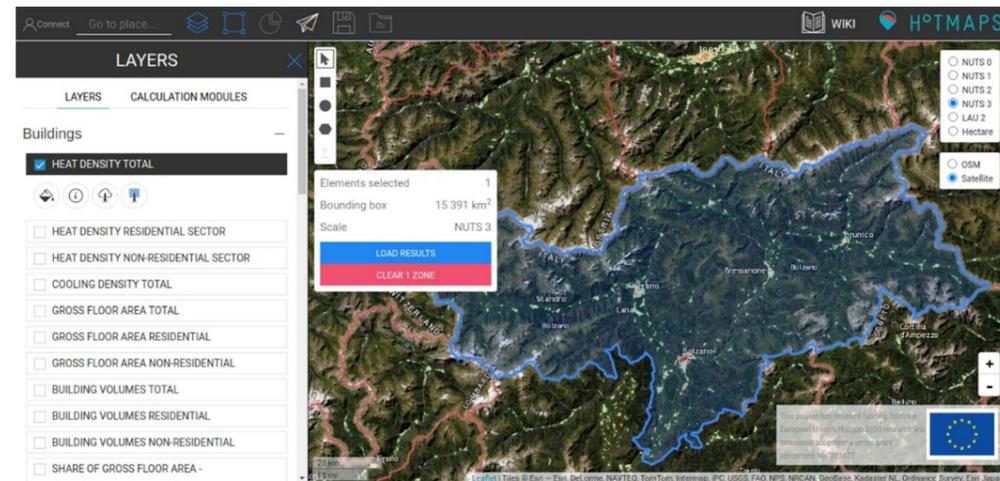


Abb. 49. Screenshot der im Rahmen des Projekts Hotmaps entwickelten Plattform. Die Nutzer können Datensätze auf der Plattform einsehen und diese Informationen als Input verwenden, um den Bedarf oder das Potenzial aus verschiedenen Quellen zu berechnen und zu schätzen.

Schaffung einer einheitlichen Plattform für Energiedaten auf europäischer Ebene. Projekt Horizon 2020 Enermaps¹⁴²

Im Mittelpunkt des Projekts stehen die Schätzung des Bedarfs, seine Reduzierung durch Gebäudesanierung, das Potenzial für die Realisierung und den Ausbau von Wärmenetzen, die Entwicklung und die Szenarien der Gradtagzahlen für Heizung und Kühlung.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Reihe von Web-Tools entwickelt, um den Heizwärmebedarf zu schätzen, die Auswirkungen von Maßnahmen für bestimmte Gebäudetypen auf kommunaler, provinzieller und nationaler Ebene abzuschätzen, die Entwicklung von Fernwärmenetzen zu bewerten und die von CORDEX entwickelten Klimaszenarien abzufragen, um historische Daten zu den Gradtagzahlen von 1950 bis heute sowie die Projektion der monatlichen und jährlichen Gradtagzahlen bis zum Jahr 2100 zu erhalten.

¹⁴² <https://enermaps.eu/>

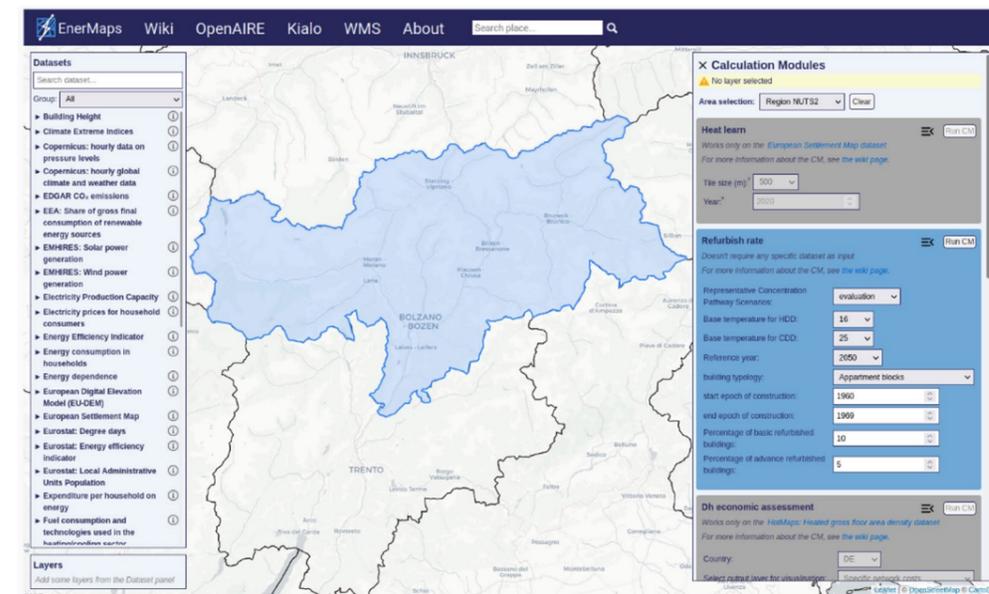


Abb. 50. Screenshot der im Rahmen des Projekts Enermaps entwickelten Plattform: 41 Datensätze wurden von der Plattform integriert und validiert. Die Nutzer können die im Rahmen des Projekts entwickelten Tools für das jeweils gewählte Gebiet nutzen.

Projekte im Bereich der nachhaltigen Mobilität, Elektro- und Wasserstofftechnologie

In den letzten Jahren hat sich eine Reihe von Projekten mit verschiedenen Aspekten der nachhaltigen Mobilität befasst. Schwerpunkt des Projekts Mobster¹⁴³ ist die Elektromobilität für einen nachhaltigen Tourismus, wobei der Elektromobilität von Autos, Fahrrädern und auch Wasserfahrzeugen auf Seen (Lago Maggiore) besonderes Augenmerk geschenkt wird. Außerdem wurden im Rahmen des Projekts etwa 70 Ladepunkte für Elektroautos, -fahrräder und -schiffe eingerichtet und Analysen zur Positionierung von Ladeinfrastrukturen durchgeführt.

¹⁴³ <https://www.progettomobster.eu/>

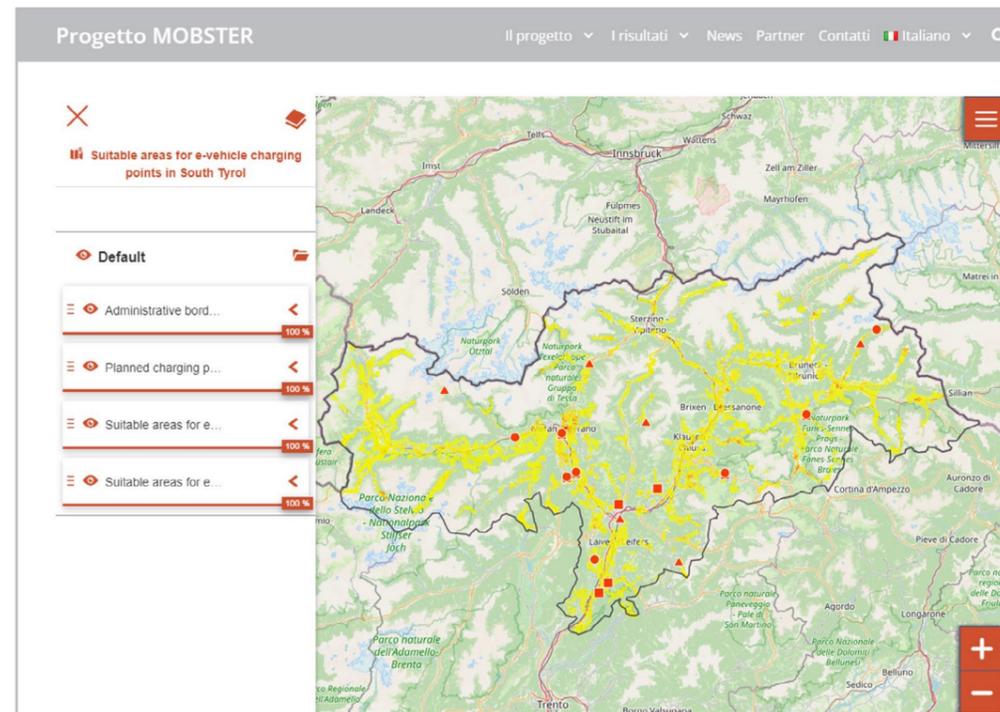


Abb. 51. Screenshot der im Rahmen des Projekts Mobster entwickelten Plattform zur Identifizierung potenziell geeigneter Punkte für die Installation von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge¹⁴⁴ anhand einer Reihe von Kriterien

Die Projekte Eranet EVA¹⁴⁵ und Interreg Mentor¹⁴⁶ befassen sich dagegen mehr mit den Herausforderungen und Möglichkeiten von emissionsfreien selbstfahrenden Fahrzeugen.

Im Rahmen des Projekts¹⁴⁷ LifeAlps wurden mehrere Hochleistungsladeinfrastrukturen und Wasserstoff-Ladestellen eingerichtet, sowie Wasserstoff- und auch Elektrofahrzeuge und -busse erworben und überwacht. Die Daten des Monitoring liefern konkrete Informationen zum möglichen Einsatz von Elektro- und Wasserstoffbussen und zu ihrem effektiven Verbrauch.

¹⁴⁴ <https://www.progettomobster.eu/de/interaktive-karte-von-suedtirol/>

¹⁴⁵ <https://evaproject.eu/>

¹⁴⁶ <https://progetti.interreg-italiasvizzera.eu/it/b/78/mobilizeeffortsforaharmonizeddiffusionofnewsartandsharedmobilitytechn>

¹⁴⁷ <https://www.life-alps.eu/>

Das Projekt BrennerLEC¹⁴⁸ schließlich sammelte Daten und erarbeitete Vorschläge, um die Luftverschmutzung entlang der Brennerautobahn A22 zu verringern.

A1.5. GEBÄUDEHEIZUNG: VERBRAUCH UND EMISSIONEN

A1.5.1. Wärmeenergieverbrauch in Wohngebäuden

Wohngebäudetypologien

Um den aktuellen Wärmeenergieverbrauch in Südtiroler Wohngebäuden zu ermitteln, wurden vier Gebäudetypen und fünf Bauzeiträume unterschieden. Gebäudetypologien:

- Ein- oder Zweifamilienhäuser: Ein- oder Zweifamilienhäuser mit 1-2 Wohnungen und 1-2 Stockwerken;
- kleine Mehrfamilienhäuser: Gebäude mit 2-4 Stockwerken und nicht mehr als 10 Wohnungen;
- große Mehrfamilienhäuser: Gebäude mit 2-5 Stockwerken und mehr als 10 Wohnungen;
- Kondominium: hohe Gebäude mit mehr als 5 Stockwerken.

Bauzeiträume:

- < 1946;
- 1946-1990;
- 1991-2005;
- 2006-2011;
- 2012-2020;

¹⁴⁸ <https://brennerlec.life/de/home>

Definition der Geometrie und der wärmeabgebenden Oberflächen

Für jeden Gebäudetyp wurde eine Geometrie mit beheizten Nutzflächen und wärmeabgebenden Oberflächen definiert¹⁴⁹.

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER [M ²]	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS [M ²]	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS [M ²]	KONDOMINIUM [M ²]
Beheizte Oberfläche	154	540	1,534	2,205

Tabelle 10. Beheizte Fläche in Bezug auf jeden Gebäudetyp

Für jeden Typ wurden ausgehend von der beheizten Bruttofläche die wärmeabgebenden Oberflächen angenommen. In Tabelle 11 sehen wir die für die verschiedenen Wohngebäudekategorien jeweils verwendeten Verhältnisse¹⁵⁰.

	EIN- ODER ZWEIFAMILIEN-HÄUSER	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS	KONDOMINIUM
Fassadenbereich	118%	84%	59%	62%
Dachfläche und Sockelgeschoss	46%	27%	24%	15%
Fensterfläche	12%	13%	8%	8%

Tabelle 11. Verhältnisse zwischen wärmeabgebenden Oberflächen und beheizter Bruttofläche in Wohngebäuden

¹⁴⁹ Nzengue, Y., du Boishamon, A., Laffont-Eloire, K., Partenay, V., Abdelouadoud, Y., Zambelli, P., ... & Vaccaro, R. (2017, Juni). Planning city refurbishment: An exploratory study at district scale how to move towards positive energy districts—approach of the SINFONIA project. In 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) (SS. 1394-1400). IEEE.

¹⁵⁰ Nzengue, Y., du Boishamon, A., Laffont-Eloire, K., Partenay, V., Abdelouadoud, Y., Zambelli, P., ... & Vaccaro, R. (2017, Juni). Planning city refurbishment: An exploratory study at district scale how to move towards positive energy districts—approach of the SINFONIA project. In 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) (SS. 1394-1400). IEEE.

Zuweisung des Referenzenergieverbrauchs

Der Referenzwärmeverbrauch wurde für jeden Gebäudetyp und jeden Bauzeitraum in der Stadt Bozen definiert. Der Verbrauch bis 2011 ist in Tabelle 12 dargestellt, während der Verbrauch von 2011 bis 2020 für alle Gemeinden Südtirols mit 50 kWh/m²/Jahr angenommen wird. Details dazu sind Tabelle 13 zu entnehmen.

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER [KWH/M ² A]	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS [KWH/M ² A]	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS [KWH/M ² A]	KONDOMINIUM [KWH/M ² A]
<1945	181	102	114	89
1946-1990	154	97	100	94
1991-2005	152	72	101	100
2006-2011	115	67	97	75

Tabelle 12. Referenzwärmeverbrauch in Bozen bis 2011 (Nzengue et al., 2017)

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER [KWH/M ² A]	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS [KWH/M ² A]	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS [KWH/M ² A]	KONDOMINIUM [KWH/M ² A]
2011-2020	50	50	50	50

Tabelle 13: Referenzwärmeverbrauch in Südtirol von 2011 bis 2020

Die spezifischen Verbrauchswerte der Gebäude für die 116 Südtiroler Gemeinden bis 2011 wurden durch Normalisierung der spezifischen Verbrauchswerte von Bozen auf die Standard-Gradtagzahlen aus Anhang A des DPR 412 vom 26. August 1993 ermittelt.

Der Warmwasserverbrauch wird mit 25 kWh/m²/Jahr als konstant angenommen¹⁵¹.

¹⁵¹ Castagna, M., Antonucci, D., & Lollini, R. (2016). Monitoring Of CasaNova Low Energy District: Result And Discussion. Energy Procedia, 96, 895-906.

Beheizte Fläche pro Gemeinde bis 2011

Um die beheizte Fläche den Südtiroler Gemeinden zuzuordnen, wurden gebietsabhängig zwei unterschiedliche Verteilungen angenommen:

- ein städtisches Gebiet (wie Bozen und Meran)
- ein ländliches Gebiet (übriges Südtiroler Gebiet)

Die Verteilung der Typologien und Bauzeiträume im städtischen Bereich stammt aus einer Analyse in Bozen, die Analyse für den ländlichen Bereich wurde im Passeiertal durchgeführt. Die angenommene Flächenverteilung ist in Tabelle 14 und Tabelle 15 dargestellt.

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS	KONDOMINIUM
<1945	0.12%	8.78%	3.07%	3.57%
1946-1990	0.20%	24.14%	5.85%	39.05%
1991-2005	0.03%	4.08%	0.84%	2.58%
2006-2011	0.01%	3.37%	0.55%	3.75%

Tabelle 14. Prozentuale Verteilung der Wohngebäudefläche im Stadtgebiet

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS	KONDOMINIUM
<1945	12.36%	7.10%	4.38%	0.00%
1946-1990	28.62%	16.50%	10.29%	0.00%
1991-2005	8.57%	4.91%	3.08%	0.00%
2006-2011	2.13%	1.24%	0.83%	0.00%

Tabelle 15. Prozentuale Verteilung der Wohngebäudefläche im ländlichen Raum

Die beheizte Fläche nach Gemeinden bis zum Jahr 2011 wurde durch Multiplizieren der Anzahl der von ISTAT erfassten Gebäude¹⁵² mit der in Tabelle 14 angenommenen Fläche für jeden Typ ermittelt.

¹⁵² Erhebung durch ISTAT der Wohngebäude nach Baualter aus dem Jahr 2011.

Ermittlung der Flächen für den Zeitraum 2012-2020 und Trend für Neubauten

Um die im Zeitraum 2012-2020 gebauten, neuen beheizten Fläche zu berechnen, wurden ASTAT- und ISTAT-Daten verarbeitet. Die ASTAT-Daten sind für alle Jahre einschließlich 2020 verfügbar, geben aber leider keine Auskunft über die Art der angeführten Fläche und wie sie berechnet wurde. Die Daten der ISTAT-Erhebung hingegen sind nur bis zum Erhebungsjahr 2011 verfügbar. Um die zwischen 2012 und 2020 bebaute Fläche zu schätzen, wurde ein Umrechnungskoeffizient zwischen ASTAT- und ISTAT-Fläche ermittelt. Die Berechnung erfolgte durch den Vergleich des für beide statistischen Erhebungen verfügbaren Zeitraums 1991-2011. Aus dem Verhältnis der beiden Flächen wurde ein Reduktionsfaktor von 0,306 errechnet.

$$F_{\text{Reduktion}} = (\text{ISTAT-Fläche}_{1991-2011}) / (\text{ASTAT-Fläche}_{1991-2011}) = 0,306$$

Die Differenz zwischen den beiden Flächenwerten ist signifikant, den Gründen dafür nachzugehen, ist aber nicht Zweck dieser Studie.

Dank des Reduktionskoeffizienten konnte für den Zeitraum 2012-2020 ein durchschnittlicher jährlicher Anstieg der bebauten Fläche auf 132.797 m²/Jahr geschätzt werden. Dieser Wachstumswert wurde auch als Referenz für den zukünftigen Trend herangezogen.

$$\text{Neue Fläche}_{2012-2020} = (\text{neue ASTAT-Fläche}_{2012-2020}) * F_{\text{Reduktion}} = 132.797 \text{ m}^2/\text{Jahr}$$

Es wird angenommen, dass die neuen Flächen sich in gleicher Weise auf die Gebäudetypen verteilen wie bis 2011. Die Verteilung ist in Tabelle 16 dargestellt.

	EIN- ODER ZWEI-FAMILIENHÄUSER	KLEINES MEHR-FAMILIENHAUS	GROSSES MEHR-FAMILIENHAUS	KONDOMINIUM
städtisches Gebiet	0.37%	40.38%	10.31%	48.95%
ländliches Gebiet	51.69%	29.75%	18.57%	0.00%

Tabelle 16. Prozentuale Verteilung der neuen Fläche nach Gebäudetyp

Leistung der Heizungsanlagen

Die Leistung der Heizungsanlagen wurde für jeden Gebäudetyp und jeden Bauzeitraum bestimmt. Die verwendeten Leistungen wurden auf Grundlage der in der Norm UNITS 11300 angegebenen Werte ausgewählt und sind Tabelle 17 zu entnehmen.

GEBÄUDETYP	BAUJAHR	WIRKUNGSGRAD DES WÄRME- ERZEUGERS	EMISSIONS- VERHALTEN	VERTEILUNGS- LEISTUNG
Ein- oder Zwei- familienhäuser	<1919	0.80	0.950	0.889
Ein- oder Zwei- familienhäuser	1946-1990	0.80	0.950	0.917
Ein- oder Zwei- familienhäuser	1991-2005	0.80	0.940	0.958
Ein- oder Zwei- familienhäuser	2006-2011	0.80	0.980	0.958
Ein- oder Zwei- familienhäuser	2012-2020	0.80	0.980	0.958
Kleines Mehr- familienhaus	<1919	0.80	0.950	0.889
Kleines Mehr- familienhaus	1946-1990	0.80	0.950	0.917
Kleines Mehr- familienhaus	1991-2005	0.80	0.940	0.958
Kleines Mehr- familienhaus	2006-2011	0.90	0.980	0.958
Kleines Mehr- familienhaus	2012-2020	0.90	0.980	0.958
Großes Mehr- familienhaus	<1919	0.80	0.950	0.889
Großes Mehr- familienhaus	1946-1990	0.90	0.950	0.917
Großes Mehr- familienhaus	1991-2005	0.90	0.940	0.958
Großes Mehr- familienhaus	2006-2011	0.98	0.980	0.958
Großes Mehr- familienhaus	2012-2020	0.98	0.980	0.958
Kondominium	<1919	0.80	0.950	0.889
Kondominium	1946-1990	0.90	0.950	0.917
Kondominium	1991-2005	0.90	0.940	0.958
Kondominium	2006-2011	0.90	0.990	0.958
Kondominium	2012-2020	0.90	0.990	0.958

Tabelle 17. Leistungen der Teilsysteme der Heizung

A1.5.2. Wärmeenergieverbrauch in Nicht-Wohngebäuden

Nicht-Wohngebäudetypologien

Die Nicht-Wohngebäude wurden in sechs Kategorien eingeteilt:

- Produktionsgebäude
- Gewerbegebäude
- Bürogebäude
- Tourismusgebäude
- Dienstleistungsgebäude
- Sonstige Gebäude

Die Gesamtzahl der Gebäude für jede Typologie in Südtirol ist für das Jahr 2011 verfügbar (ISTAT 2011).

NICHT-WOHNGEBÄUDE	(n)
Produktionsgebäude	690
Gewerbegebäude	884
Bürogebäude	270
Tourismusgebäude	947
Dienstleistungsgebäude	701
Sonstige Gebäude	1625
Insgesamt	5117

Tabelle 18. Anzahl der Nicht-Wohngebäude für das Referenzjahr 2011

Volumen und Verbrauch für Heizung

Die durchschnittliche Größe von Nicht-Wohngebäuden wurde auf 2.631 m³ angesetzt¹⁵³.

Der spezifische Verbrauch der einzelnen Kategorien von Nicht-Wohngebäuden ist in Tabelle 19 aufgeführt:

NUTZUNG	VOLUMEN [M³]	FLÄCHE [M²]	DURCHSCHNITTLICHER HEIZENERGIE-VERBRAUCH [KWH/M³A]	DURCHSCHNITTLICHER HEIZENERGIE-VERBRAUCH [KWH/M²A]	QUELLE
Produktionsgebäude	1,815,390	605,130		0.0	
Gewerbegebäude	2,325,804	775,268	216.00	72.0	Projekt EU FP7 CommonEnergy
Bürogebäude	710,370	236,790		20.0	Durchschnittlicher Bürogebäudeverbrauch der Provinz Bozen
Tourismusgebäude	2,491,557	830,519	72.46	24.2	Berechnet aus Gastgewerbe, energetische und umwelttechnische Einsparungen - Expo Riva Hotel
Dienstleistungsgebäude	1,844,331	614,777		23.9	Durchschnittlicher Verbrauch von Schulen in der Provinz Bozen
Sonstige Gebäude	4,275,375	1,425,125		0.0	

Tabelle 19. Geschätzter durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch von Nicht-Wohngebäuden

Die Kategorien „Produktionsgebäude“ und „sonstige Gebäude“ werden als unbeheizt eingestuft. Die geografische Verteilung von Nicht-Wohngebäuden auf Gemeindeebene wurde durch das Verhältnis der Bodennutzung für „Industrie- und Gewerbeflächen“ in der jeweiligen Gemeinde im Vergleich zur Bodennutzung für „Industrie- und Gewerbeflächen“ auf Landesebene bestimmt.

¹⁵³ ISTAT, Erhebung der Baugenehmigungen, 2013

$$\text{Fläche}_{\text{Komunale Nicht-Wohngebäude}} = \text{Fläche}_{\text{Provinz Nicht-Wohngebäude}} \frac{\text{Genutzte Fläche}_{\text{Komunale Nicht-Wohngebäude}}}{\text{Genutzte Fläche}_{\text{Provinz Nicht-Wohngebäude}}}$$

Die Bodennutzung wurde aus GIS-Karten abgeleitet, s. online unter <http://geokatalog.buergernetz.bz.it/geokatalog/#!>

Ermittlung der Fläche für den Zeitraum 2012-2020 und Tendenz für Neubauten

Auch im Hinblick auf neue Nicht-Wohngebäude wurde für den Zeitraum 2011-2020 die neu baute Fläche aus ASTAT-Quellen unter Verwendung des für Wohngebäude berechneten Reduktionsfaktors ermittelt.

Unter diesen Voraussetzungen wird die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für den Zeitraum 2012-2020 auf 141.673 m²/Jahr geschätzt. Dieser Wachstumswert wurde auch als Referenz für den zukünftigen Trend herangezogen.

Warmwasserverbrauch

Der Warmwasserverbrauch im Tourismussektor wurde mit 25 kWh/m²/Jahr angenommen. Das entspricht dem Verbrauch im Wohnungssektor. Für die anderen Kategorien wurde ein Verbrauch von Null angenommen.

Leistung der Heizungsanlagen

Die Leistung der Heizungssysteme für jeden Gebäudetyp wurde auf Grundlage der Erfahrungen von Eurac Research angenommen. Die verwendeten Leistungen sind der Tabelle 20 zu entnehmen.

GEBÄUDETYP	WIRKUNGSGRAD DES WÄRMEERZEUGERS	EMISSIONS-VERHALTEN	VERTEILUNGS-LEISTUNG
Gewerbegebäude	0.90	0.940	0.958
Bürogebäude	0.90	0.940	0.958
Tourismusgebäude	0.90	0.940	0.958
Dienstleistungsgebäude	0.90	0.940	0.958

Tabelle 20. Leistungen der Teilsysteme der Heizung

A1.5.3. Wärmeenergieverbrauch aller Gebäude: Baseline 2020

Aus den in den Kapiteln 7.5.1 und 7.5.2 behandelten Annahmen und Berechnungen wurde die Baseline des Südtiroler Verbrauchs für das Jahr 2020 berechnet.

WÄRMEENERGIEVERBRAUCH 2020		
Wohngebäude	2,796,452,010	kWh
Gewerbegebäude	215,037,261	kWh
Bürogebäude	18,234,607	kWh
Tourismusgebäude	77,278,323	kWh
Dienstleistungsgebäude	56,718,429	kWh
Warmwasseraufbereitung	480,531,425	kWh
Insgesamt	3,644,252,055	kWh

Tabelle 21. Baseline für den Wärmeenergieverbrauch im Jahr 2020

Aus dem in Abschnitt 6.1 behandelten Inventar fossiler Emissionen lässt sich der durchschnittliche CO₂-Emissionsfaktor für Südtirol ableiten:

$$F_{\text{Emissionen}} = 544 \text{ ktCO}_2 / 3.644 \text{ GWh} = 0,149 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

Wärmeverbrauch und Emissionen neuer Gebäude

Der Energieverbrauch für neue Wohngebäude wurde durch Multiplizieren des spezifischen Verbrauchs neuer Gebäude mit der vorab berechneten Wachstumsrate der Wohnfläche ermittelt. Für die Heizung im Wohnungsneubausektor wird ein Verbrauch von 50 kWh/m²/Jahr angenommen, für die Warmwasseraufbereitung ein Verbrauch von 25 kWh/m²/Jahr.

	NEUE GEBÄUDEHÜLLEN [M ² /A]	NEUER WÄRMEENERGIEVERBRAUCH [KWH/M ² A]	NEUER WARMWASSERVERBRAUCH [KWH/M ² A]	VERBRAUCH (NEUBAUTEN) [KWH/A ²]
Wohngebäude	132,797	50.00	25.00	9,959,755

Tabelle 22. Mehrverbrauch durch Wohnungsneubau

Der Emissionsfaktor für neue Gebäude wird niedriger veranschlagt als der Emissionsfaktor für bestehende Gebäude, da von einer höheren Effizienz der Heizungsanlagen mit teilweiser Integration erneuerbarer Energiequellen ausgegangen wird.

$$F_{\text{Emissionen neuer Wohngebäude}} = 0,1 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

Der Energieverbrauch für neue Nicht-Wohngebäude wurde durch Multiplikation des spezifischen Verbrauchs neuer Gebäude mit der vorab berechneten Wachstumsrate der Wohnfläche ermittelt. Für den Nicht-Wohnungssektor wird angenommen, dass der Verbrauch bei Neubauten dem bereits errichteter Gebäude entspricht.

	NEUE GEBÄUDEHÜLLEN [M ² /A]	NEUER WÄRMEENERGIEVERBRAUCH [KWH/M ² A]	NEUER WARMWASSERVERBRAUCH [KWH/M ² A]	VERBRAUCH (NEUBAUTEN) [KWH/A ²]
Gewerbegebäude	24,475	216.00	0.00	5,286,597
Bürogebäude	7,475	59.97	0.00	448,290
Tourismusgebäude	26,219	72.46	25.00	2,555,335
Dienstleistungsgebäude	19,408	71.85	0.00	1,394,398

Tabelle 23. Verbrauchssteigerung durch neue Nicht-Wohngebäude

Bei Nicht-Wohngebäuden wurde der Emissionsfaktor ebenfalls gesenkt.

$$F_{\text{Emissionen von neuen Nicht-Wohngebäuden}} = 0,1 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

Sanierung des Gebäudebestands

Um zu berechnen, wie sich die Modernisierung des Gebäudebestands auf die CO₂-Emissionen auswirkt, und dies auf ein Szenario ACTUAL für 2030 zu projizieren, wurden Fördermechanismen für die Gebäudesanierung auf Ebene der Gebäudehülle und der Anlagen analysiert.

Gebäudehüllensanierung

Der Sanierungstrend wurde aus den CO₂-Einsparungen durch Hüllensanierungen berechnet, die von einzelnen Hüllensanierungs-Förderungen und vom 110 %-Superbonus Gebrauch gemacht haben. Man geht davon aus, dass alle Sanierungsmaßnahmen in irgendeiner Weise gefördert wurden.

Es werden 4 Sanierungsmaßnahmen in Betracht gezogen:

- Landesförderungen
- ENEA-Ökobonus
- Bonus Casa ENEA
- Conto termico ENEA

Die CO₂-Einsparungen wurden unter der Annahme berechnet, dass die undurchsichtigen wärmeabgebenden Oberflächen wärmegeklämt und die alten Fenster und Türen durch neue mit Wärmedämmung ersetzt werden. Für jeden Fördermechanismus wurden die sanierten Flächen angenommen.

Die Zahlen zu den jährlich im Rahmen der Landesförderung sanierten wärmeabgebenden Oberflächen wurden vom Amt für Energie und Klimaschutz der Autonomen Provinz Bozen zur Verfügung gestellt.

	DURCHSCHNITTLICHE ISOLIERTE FLÄCHE PRO JAHR [M ²]	VERBRAUCHSFAKTOR	GEWICHTETER DURCHSCHNITT [GG]	TRANSMISSIONSGRAD VORHER [W/(M ² K)]	TRANSMISSIONSGRAD NACHHER [W/(M ² K)]	ZUSÄTZLICHE JÄHRLICHE ENERGIEEINSPARUNG [KWH/A ²]
Isolierung von vertikalen Wohnflächen	23,003	0.9	3442	0.9	0.28	1,487,569
Isolierung von vertikalen Nicht-Wohnflächen	5,983	0.6	3290	0.9	0.28	217,869
Isolierung von horizontalen Wohnflächen	6,890	0.9	3442	0.9	0.21	496,453
Isolierung von horizontalen Nicht-Wohnflächen	4,266	0.6	3290	0.9	0.21	173,126
Fenstererneuerung von Wohnflächen	1,121	0.9	3442	2.3	1.10	139,634
Fenstererneuerung von Nicht-Wohnflächen	1,087	0.6	3290	2.3	1.10	76,221

Tabelle 24. Geschätzte Energieeinsparungen dank der Förderungen der Autonomen Provinz Bozen

	ZUSÄTZLICHE ENERGIE-EINSPARUNG PRO JAHR [KWH/A²]	VERMIEDENE EMISSIONEN PRO JAHR [KGCO₂/A²]
Undurchsichtige Hüllendämmung	2,375,016	354,533
Isolierung von transparenten Oberflächen	215,854	32,222

Tabelle 25. Geschätzte CO₂-Emissionsminderung durch die Förderungen der Autonomen Provinz Bozen

Die jährlich mit Hilfe der Fördermaßnahme ENEA-Ökobonus sanierten wärmeabgebenden Oberflächen wurden durch Multiplikation der Anzahl der jährlichen Eingriffe¹⁵⁴ mit der für jede Maßnahme angenommenen Durchschnittsgröße geschätzt und sind Tabelle 26 zu entnehmen.

DURCHSCHNITTLICHE SANIERTE FLÄCHE PRO EINGRIFF		
Vertikale Oberflächen	80.7	m²
Horizontale Oberflächen	88.7	m²
Durchsichtige Oberflächen	3.5	m²

Tabelle 26. Durchschnittlich pro Eingriff sanierte Fläche

Bei allen mit Ökobonus geförderten Eingriffen wurde davon ausgegangen, dass sie an Wohngebäuden durchgeführt werden.

154 ENEA für Trentino-Südtirol, Daten zum 23. September 2021

	DURCHSCHNITTLICHE ISOLIERTE FLÄCHE PRO JAHR [M²]	VERBRAUCHSFAKTOR	GEWICHTETER DURCHSCHNITT [GG]	TRANSMISSIONSGRAD VORHER [W/(M²K)]	TRANSMISSIONSGRAD NACHHER [W/(M²K)]	ZUSÄTZLICHE JÄHRLICHE ENERGIE-EINSPARUNG [KWH/A²]
Isolierung von vertikalen Wohnflächen	38018	0.9	3442	0.9	0.28	2,458,532
Isolierung von horizontalen Wohnflächen	33787	0.9	3442	0.9	0.21	2,434,579
Fenstererneuerung von Wohnflächen	8666	0.9	3442	2.3	1.10	1,079,360

Tabelle 27. Geschätzte Energieeinsparungen dank ENEA-Ökobonus

	ZUSÄTZLICHE ENERGIE-EINSPARUNG PRO JAHR [KWH/A²]	VERMIEDENE EMISSIONEN PRO JAHR [KGCO₂/A²]
Undurchsichtige Hüllendämmung	4,893,111	730,425
Isolierung von transparenten Oberflächen	1,079,360	161,123

Tabelle 28. Geschätzte CO₂-Emissionsminderung dank ENEA-Ökobonus

Die jährlich mittels der Fördermaßnahme ENEA Bonus Casa sanierten wärmeabgebenden Oberflächen entstammen den ENEA-Daten für Trentino-Südtirol (ENEA 2021). Es wurde davon ausgegangen, dass die Hälfte der in der Region geförderten Eingriffe an Wohngebäuden in Südtirol durchgeführt wurde.

	DURCHSCHNITTLICHE ISOLIERTE FLÄCHE PRO JAHR [M ²]	VERBRAUCHSFAKTOR	GEWICHTETER DURCHSCHNITT [GG]	TRANSMISSIONSGRAD VORHER [W/(M ² K)]	TRANSMISSIONSGRAD NACHHER [W/(M ² K)]	ZUSÄTZLICHE JÄHRLICHE ENERGIEEINSPARUNG [KWH/A ²]
Isolierung von vertikalen Wohnflächen	13601	0.9	3442	0.9	0.28	879,539
Isolierung von horizontalen Wohnflächen	14908	0.9	3442	0.9	0.21	1,074,237
Fenstererneuerung von Wohnflächen	7008	0.9	3442	2.3	1.10	945,540

Tabelle 29. Geschätzte CO₂-Einsparungen dank des Bonus Casa von ENEA

	ZUSÄTZLICHE ENERGIEEINSPARUNG PRO JAHR [KWH/A ²]	VERMIEDENE EMISSIONEN PRO JAHR [KGCO ₂ /A ²]
Undurchsichtige Hüllendämmung	1,953,775	291,652
Isolierung von transparenten Oberflächen	945,540	141,147

Tabelle 30. Geschätzte CO₂-Emissionsminderung dank des Bonus Casa von ENEA

Die jährlich im Rahmen der Fördermaßnahme ENEA Conto Termico sanierten wärmeabgebenden Oberflächen wurden aus den tatsächlich für Trentino-Südtirol gewährten Fördermitteln (ENEA 2021) errechnet. Dabei wurde ein durchschnittlicher Beitrag von 150 Euro/m² für undurchsichtige Flächen und 450 Euro/m² für durchsichtige Flächen zugrunde gelegt. Auch hier ging man davon aus, dass die Hälfte der in der Region geförderten Eingriffe an Wohngebäuden in Südtirol durchgeführt wurde. Die im Rahmen dieser Maßnahme sanierten Gebäude werden als Nicht-Wohngebäude betrachtet.

Die Gesamtmenge der mit Hilfe einzelner Fördermaßnahmen sanierten wärmeabgebenden Oberflächen und die geschätzte CO₂-Emissionsminderung bis 2030 sind der Tabelle 31 zu entnehmen.

	ZUSÄTZLICHE ENERGIEEINSPARUNG PRO JAHR [KGCO ₂ /A ²]	VERMIEDENE EMISSIONEN PRO JAHR [KTCO ₂ /A]
Undurchsichtige Hüllendämmung	1,385,613	13.9
Isolierung von transparenten Oberflächen	337,389	3.4

Tabelle 31. Schätzung der CO₂-Emissionsminderung dank einzelner Fördermaßnahmen für die Gebäudehüllensanierung

Zusätzlich zu den einzelnen Sanierungsmaßnahmen wurde nach der Covid-19-Pandemie zur Ankurbelung der Wirtschaft mit dem GvD „Rilancio“ Nr. 34/2020, das in das Gesetz Nr. 77 vom 17. Juli 2020 umgewandelt wurde, der 110 %-Superbonus eingeführt. Er entspricht einem Steuerabzug von 110 % aller von den Steuerzahlern bezahlten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Erdbebensicherheit, die besondere Voraussetzungen erfüllen. Es handelt sich um eine punktuelle Maßnahme, für die keine historischen Daten vorliegen. Um die durch diese Maßnahme erzielten Einsparungen zu quantifizieren, wurde zunächst die Zahl der betroffenen Gebäude ermittelt; dazu wurden die von ENEA (ENEA 2021) gemeldeten und zum 23. September 2021 aktualisierten Daten und die von der KlimaHaus-Agentur angegebene Zahl noch offener und von der Maßnahme betroffener Baustellen addiert.

Die beheizte Fläche wurde durch Multiplizieren der Anzahl der beteiligten Gebäude mit der angenommenen Größe ermittelt. Außerdem wird davon ausgegangen, dass der Energieverbrauch der betroffenen Wohnungen von 160 kWh/m²/Jahr auf 90 kWh/m²/Jahr sinkt, was einem geringeren Energieverbrauch von 70 kWh/m²/Jahr entspricht.

GEBÄUD- ETYP	FLÄCHE PRO GE- BÄUDE- EINHEIT [M²]	VERTEI- LUNG DER SANIER- TEN GE- BÄUDE- EINHEI- TEN IN TRENTI- NO-SÜD- TIROL (*) [N]	GE- BÄUDE- EINHEI- TEN, DIE DERZEIT IN SÜD- TIROL SANIERT WERDEN (**) [N]	VOM SUPER- BONUS BEGÜNS- TIGTE GE- BÄUDE- EINHEI- TEN [N]	ENER- GIEVER- BRAUCH VORHER [KWH/ M²A]	ENER- GIEVER- BRAUCH NACHHER [KWH/ M²A]	ENERGIE- EINSPA- RUNG IN SÜDTIROL [KWH/A]	VERMIEDE- NE EMIS- SIONEN SÜDTIROL [KGCO ₂ /A]	EMISSI- ONSEIN- SPARUN- GEN BIS 2030 [KTCO ₂ /A]
Ein- oder Zwei- famili- en- häuser	154	177	75	164	160	90	1,766,842	263,747	0.3
Kleines Mehr- famili- enhaus	540	106	23	76	160	90	2,887,920	431,098	0.4
Großes Mehr- famili- enhaus	1534	83	18	60	160	90	6,410,586	956,948	1.0
Kondo- minium	2205	83	13	55	160	90	8,412,075	1,255,722	1.3
Insgesamt							19,477,423	2,907,515	2.9

Tabelle 32. Geschätzte CO₂-Emissionsminderung dank des 110 %-Superbonus

Anhang 2:

Klimaneutrales Südtirol 2045. Fragmente einer nachhaltigen Zukunftsvision

Autoren:

Felix Windegger, Daria Habicher (Center for Advanced Studies)

A2.1. KLIMANEUTRALITÄT ALS TEIL EINER UMFASSENDEN NACHHALTIGKEITSTRANSFORMATION

Die vorangegangenen Kapitel des Berichts zeigen die wissenschaftlichen, politischen und rechtlichen Hintergründe einer Klimaschutzstrategie Südtirols auf und zeichnen jeweils zwei Szenarien möglicher Emissionsentwicklungen in unterschiedlichen Sektoren. Die identifizierten Emissionsziele und Maßnahmen tragen entscheidend zur Gestaltung einer klimafreundlichen Zukunft Südtirols bei. Wie bei der Ausarbeitung von Szenarien üblich, wurden dabei bestimmte Grundannahmen vorausgesetzt. Eine der Annahmen, die den meisten Klimaschutzszenarien zugrunde liegt, ist die Tatsache, dass das bestehende Gesellschafts- und Wirtschaftssystem sowie die entsprechenden Verhaltensmuster als Konstanten angenommen werden (vgl. Kuhnenn et al., 2020). Dementsprechend sind die aus den Szenarien resultierenden Lösungsvorschläge größtenteils technologischer Natur und auf gesteigerte Effizienz ausgerichtet. Die Potenziale tiefgreifender sozialer, wirtschaftlicher und kultureller Veränderungsprozesse werden zumeist vernachlässigt.

Dieses Kapitel setzt an dieser Stelle an. Verstanden als Ergänzung zum vorliegenden Bericht, zielt es darauf ab, Debatten über alternative Pfade in Richtung einer klimaneutralen Zukunft anzuregen, die auf strukturellen gesellschaftlichen Wandlungsprozessen basieren. Zwei Grundannahmen bilden dabei den Rahmen des Szenarios. Erstens wird der anthropogene Klimawandel nicht als isoliertes Problem verstanden, sondern vielmehr als Ausdruck einer breiteren Krise der „gesellschaftlichen Naturverhältnisse“ (Pichler et al., 2017). Dementsprechend werden in diesem Szenario potenzielle Entwicklungen skizziert, die Teil einer umfassenderen „sozial-ökologischen Transformation“ (Brand, 2018) der Gesellschaft sind, die sowohl ökologische als auch soziale, politische und ökonomische Aspekte adressieren. Zweitens wird, in Anlehnung an bestehende wissenschaftliche Debatten rund um die (Un-)Vereinbarkeit von anhaltendem Wirtschaftswachstum und ökologischer Nachhaltigkeit (vgl. z. B. Wiedmann et al. 2020; Hickel & Kallis, 2019; Becker & Reinicke, 2018), der Fokus auf wachstumsunabhängige Entwicklungspfade gelegt. Das Hauptaugenmerk liegt folglich auf suffizienzorientierten Lösungsansätzen, d. h. auf Strategien, die auf einen geringeren Verbrauch von Energie und Ressourcen abzielen (vgl. Ekarth, 2018; Sommer & Welzer, 2017; Jackson, 2009). Damit weicht dieses Szenario teilweise deutlich von den Szenarien in den vorangegangenen Kapiteln ab und zeigt dadurch die Spannweite möglicher Zukünfte, innerhalb derer Klimaneutralität für Südtirol denkbar ist.

Inhaltlich fußt das hier skizzierte Szenario auf der Studie „Denkanstoß Covid-19: Zukunftsszenarien für ein nachhaltiges Südtirol 2030+“ (Habicher et al., 2020). Darin wurden, mittels wissenschaftlicher Methoden (Strategische Vorausschau, Szenarioachsen-Technik) und in Zusammenarbeit mit einem internationalen, interdisziplinär zusammengesetzten Rat aus Expertinnen und Experten, vier gleichwertige Zukunftsszenarien für Südtirol entwickelt. Diese Szenarien sind plausible und konsistente Bilder der Zukunft, die mögliche Entwicklungspfade für Südtirol bis zum Jahr 2030 und darüber hinaus beschreiben. Die Inhalte wurden auf Basis eingehender Recherchen, Experteninterviews und Workshops iterativ erarbeitet und durch zusätzliche Elemente ergänzt (Treiber-Boxen, Chancenradar, Personas, SDG-Boxen). Folgende vier Szenarien gingen aus der Studie hervor:

- Welt des regionalen Bewusstseins – „In der Tradition liegt die Stärke“
- Welt des Neo-Kosmopolitismus – „Denke global, handle lokal“

- Welt der individuellen Freiheit – „Ich bin meines eigenen Glückes Schmied(in)“
- Welt der grünen Innovationen – „Es gibt für alles eine (technologische) Lösung“

In ihrer Gesamtheit bietet diese Zukunftsstudie politischen, wirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren ein facettenreiches und vielfältiges Arbeitsinstrument für eine nachhaltige Gestaltung der Zukunft Südtirols.

Im Allgemeinen besteht die Stärke eines mittels strategischer Vorausschau gezeichneten Zukunftsszenarios darin, wertvolle Impulse für die zukünftige Entwicklung (z. B. einer Region) zu geben, indem konsistente, plausible und realistische Zukunftspfade aufgezeigt werden (Amini et al., 2021; European Commission, 2020). Das ist auch das Ziel des vorliegenden Kapitels. Alle vier oben genannten Szenarien wurden dafür einer eingehenden Analyse unterzogen und jene Aspekte identifiziert, die mit der Vision eines klimaneutralen Südtirols sowie den eingangs definierten Grundannahmen übereinstimmen. Daraus ist das Bild einer möglichen Zukunft für Südtirol entstanden, in dem Klimaneutralität als Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitstransformation erreicht wird. Dieses Szenario ist dabei weder als Prognose noch als einzig wünschenswerte Zukunft zu lesen. Es stellt vielmehr einen Denkanstoß dar, der dazu einlädt, sich proaktiv und antizipativ mit der eigenen Zukunft auseinanderzusetzen und dabei auch über bestehende Strukturen hinauszudenken.

A2.2. ZUKUNFTSSZENARIO FÜR EIN KLIMANEUTRALES SÜDTIROL: DIE REGION ALS LEUCHTTURM-PROJEKT

Wir schreiben das Jahr 2045

A2.2.1. Die Welt

Die Welt befindet sich seit etwa 15 Jahren in einem umfassenden, **sozial-ökologischen Umbau**. Die Pandemie der frühen 2020er Jahre hat die Verletzlichkeit und Nicht-Nachhaltigkeit einer auf Expansion und unbegrenztes Wachstum ausgerichteten Weltwirtschaft deutlich gemacht. Dementsprechend wurde etwa in der gesamten Europäischen Union das Bruttoinlandsprodukt (BIP) als zentraler Wohlstandsindikator schrittweise durch einen Mix aus alternativen Indikatoren ersetzt (unter anderem dem Gross National Happiness Index und dem Human Development Index). Gesellschaftliche Resilienz, globale Gerechtigkeit und die Bekämpfung des Biodiversitätsverlusts sowie des Klimawandels rückten stärker in den Vordergrund. Um diese globalen Herausforderungen besser – d. h. global koordiniert und zugleich orts- und kontextspezifisch – bewältigen zu können, wurden staatliche **Entscheidungs- und Verwaltungskompetenzen zunehmend auf die supra- bzw. subnationale Ebene verschoben**. Die Rechte der Natur fanden Einzug in immer mehr Verfassungen. Unterschiedliche regionale Ansätze der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Organisation bestehen heute nebeneinander und ergänzen sich. Die zunehmende **Verschöpfung in Richtung regionaler, sozial fairer und ökologisch nachhaltiger Wertschöpfungsprozesse**

führte zu einer deutlichen Reduktion des globalen Waren- und Güterverkehrs. Der Austausch von Ideen und die internationale Kooperation multiplizierten sich jedoch. Sie finden heute vor allem mittels digitaler Technologien statt. Auf internationaler Ebene wurden noch in den 2020er Jahren schärfere Grenzwerte und verbindliche, absolute Reduktionsziele für den Verbrauch von Ressourcen und den Ausstoß von Emissionen eingeführt. Diese wurden durch die Kombination effizienz-, konsistenz- und suffizienzorientierter Strategien erreicht. Die **Dekarbonisierung der Weltwirtschaft** ist heute bereits sehr weit fortgeschritten.

A2.2.2. Gesellschaft

Die Gesellschaft hat in Südtirol in der Vergangenheit intensiv und mithilfe eines sprach- und generationenübergreifenden Zukunftsvertrags auf eine sozial und ökologisch verträgliche Neuausrichtung in allen Gesellschaftsbereichen hingearbeitet. Gesellschaftlicher Fortschritt und die **Vorstellung von dem, was ein gutes Leben** ausmacht, wurden neu definiert. Materieller Konsum und Besitz rückten in den Hintergrund, während subjektives Wohlbefinden, soziale Beziehungen und gesellschaftliche Mitgestaltung auf allen Ebenen wichtiger wurden. Als Folge eines reduzierten Konsumniveaus sank auch der Energie- und Ressourcenverbrauch in Südtirol. Diese Entwicklung wurde vor allem durch eine bessere Vereinbarkeit von Erwerbsarbeit, Freizeit und Beziehungspflege gefördert. Nach zahlreichen weltweit durchgeführten Experimenten und Studien, die den positiven Einfluss einer gesamtgesellschaftlichen Reduktion der Erwerbsarbeit auf Umwelt, Lebenszufriedenheit und eine funktionierende Wirtschaft zeigten, setzte sich auch in Südtirol in vielen Bereichen eine **30-Stunden-Woche** durch. Neben der Erwerbsarbeit bleibt heute deutlich mehr Zeit für Sorgearbeit, Selbstentfaltung und politisches Engagement. Gesellschaftlich folgte daraus eine gerechtere Aufteilung unbezahlter **Sorgearbeit** zwischen den Geschlechtern, aber auch – in Kombination mit der Verbreitung weniger ressourcenintensiver Lebensstile – eine Reduktion der Treibhausgasemissionen. Darüber hinaus wurde für viele Menschen zivilgesellschaftliche und politische Mitgestaltung erst möglich, was unter anderem in einer Stärkung des Ehrenamts und der Vereinskultur mündete. Der gestiegene Einsatz **digitaler Technologien**, der durch den Aufbau eines schnellen und flächendeckenden Glasfaser-Internets möglich wurde, reduzierte überdies im Bereich der Erwerbsarbeit nicht nur zeit- und kostenintensive Geschäftsreisen, sondern senkte auch die damit verbundenen CO₂-Emissionen. Wo immer möglich, sind klassische Bürojobs heute digitalisiert (z. B. mithilfe von Cloud Storage). Das Büro wurde zur persönlichen Wahl und wird in erster Linie als ein Ort gesehen, an dem soziale Beziehungen entstehen und gepflegt werden.

Im Bereich **Ernährung** hat sich im Vergleich zum Jahr 2022 einiges verändert: Die meisten Mensen bieten eine umfassende Auswahl an vegetarischen und veganen Speisen, wobei ein hoher verpflichtender Teil der Lebensmittel saisonal ist und aus der Region stammt. Insgesamt konsumieren die Südtirolerinnen und Südtiroler heute deutlich weniger, dafür aber qualitativ hochwertiges und tierschutzgerecht produziertes Fleisch. Ansätze wie die solidarische Landwirtschaft und Ernährungsräte haben auch in Südtirol längst Fuß gefasst und zu einem direkteren Austausch zwischen Produzentinnen und Konsumenten sowie einer bedürfnisorientierten Lebensmittelversorgung auf lokaler Ebene geführt. Insgesamt trug dies zu einem **bewussteren Konsumverhalten** bei, während auch die wirtschaftliche Sicherheit der landwirtschaftlichen Betriebe gestärkt wurde.

A2.2.3. Wirtschaft

Die Wirtschaft orientiert sich heute stark an Zielen sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit. Dementsprechend wurde ein wesentlicher Teil der Wertschöpfungsketten verkürzt und regionalisiert – in Südtirol, aber auch in anderen Teilen der Welt. Das erhöhte die Resilienz bei globalen Schocks spürbar, während der ökologische Fußabdruck durch die kürzeren Transportwege reduziert werden konnte. **Negative Externalitäten**¹⁵⁵ wurden zunehmend entlang der gesamten Wertschöpfungskette **internalisiert**, was zu einem Anstieg der Produktionskosten und damit auch der Preise für Güter und Dienstleistungen führte. Die veränderte Kostenstruktur trug zu einem schonenderen Umgang mit natürlichen Ressourcen und einer Reduktion des globalen Waren- und Güterverkehrs bei. Auch in Südtirol wurde im Laufe der letzten beiden Jahrzehnte verstärkt auf lokal hergestellte Produkte und ökologisch nachhaltige Rohstoffe zurückgegriffen. Unter anderem wird heute ein Teil der ehemals importierten Lebensmittel wieder in Südtirol hergestellt. Um eine solche **regionale Nahversorgung** zu ermöglichen, wurde die landwirtschaftliche Produktion in Südtirol stark diversifiziert. Das war aufgrund der international ungünstiger gewordenen Exportbedingungen für die traditionelle Obstwirtschaft eine von vielen befürwortete Weiterentwicklung.

Von dem Umstieg in Richtung 0-km-Lieferketten profitierten auch der **Handwerkssektor** und zahlreiche kleine und mittlere Betriebe aus anderen Branchen. Außerdem begünstigen die stärker ausgebauten lokalen Kreisläufe Familienbetriebe und fördern innovative Unternehmensformen wie etwa Bürgergenossenschaften. Bereits im Jahr 2025 wurden auf europäischer Ebene Regulierungen eingeführt, welche die **Produktion langlebiger, nachhaltig hergestellter Güter** fördern und Praktiken der geplanten Obsoleszenz – bei denen Produkten von Herstellerseite ganz bewusst eine kürzere Lebenszeit eingebaut wird – verbieten. In vielen Bereichen (etwa bei Elektro- und Haushaltsgeräten) wurde darüber hinaus die Möglichkeit der Reparatur und des Austauschs von kaputten Einzelteilen verbindlich. In der Folge sind auch in Südtirol zahlreiche Reparaturshops entstanden. Darüber hinaus florieren seit Jahren **Tauschbörsen, Second-Hand-Märkte und Sharing-Plattformen**. Diese Entwicklung hat zu einem Rückgang des gesamten Konsumniveaus und damit auch des Energie- und Ressourcenverbrauchs beigetragen.

Die Tourismustreibenden in Südtirol haben die Potenziale einer nachhaltigen Tourismusedwicklung erkannt und den Wandel hin zu einer nachhaltigen Destination und einem nachhaltigen Lebensraum aktiv mitgestaltet. Synergien zwischen dem **Tourismus**, dem Umwelt- und Klimaschutz sowie der ökologischen Landwirtschaft wurden in der Folge stark gefördert. Gäste reisen heute zum größten Teil mit der Bahn oder Fernbussen an. Innerhalb Südtirols nutzen sie vorwiegend den klimafreundlichen öffentlichen Nahverkehr oder Shuttle-Busse. Darüber hinaus konnte in den 2020er Jahren ein umfassendes Konzept eines sanften, auf Sinnstiftung ausgerichteten Tourismus für Südtirol entwickelt werden, dem ein schonender Umgang mit der Natur und deren Intaktheit zugrunde liegt. Davon profitierten auch die Bäuerinnen und Bauern, die im ökologischen Tourismus einen lokalen Absatzmarkt für ihre regional und nachhaltig erzeugten

¹⁵⁵ Negative Externalitäten stellen jene gesellschaftlichen Kosten dar, die von einer Person bei einer Entscheidung oder Tätigkeit nicht berücksichtigt oder getragen werden. Diese Kosten senken die Wohlfahrt von unbeteiligten Dritten. Beispiel: Eine Papierfabrik entsorgt das Abwasser der Produktion im anliegenden Fluss. Darunter leidet die Fischpopulation im Fluss. Der Fischfang des Fischers, der sich flussabwärts befindet, reduziert sich.

Produkte finden. Mit dieser strategischen Neuausrichtung hat es Südtirol geschafft, sich als grüne Marke und umweltfreundliche, sozial ausgewogene Vorzeigeregion in Europa zu etablieren.

Die in den späten 2020er Jahren von der Europäischen Union beschlossenen Regulierungen des **Finanzsektors** leisteten einen wesentlichen Beitrag zu dessen nachhaltiger Neuausrichtung. Die Europäische Investitionsbank, aber auch ein Großteil der privaten Banken – auch in Südtirol – haben ihre Investitionen und Anlagen vollständig aus fossilen Infrastrukturprojekten abgezogen und investieren heute nach dem Do-No-Harm-Prinzip ausschließlich in umwelt- und klimafreundliche Projekte.

A2.2.4. Politik

Die Politik Südtirols ist eingebettet in eine Europäische Union, die als Teil eines neuen Multilateralismus agiert. Das Denken in nationalstaatlichen Grenzen gehört zum größten Teil der Vergangenheit an. Die Europäische Union verfügt mittlerweile über eine gemeinsame Sozial-, Fiskal- und Verteidigungspolitik. Fiskalpolitisch kam es unter anderem zur Einführung einer **verbraucherfreundlich gestalteten CO₂-Steuer** inklusive sozialer Ausgleichsmaßnahmen sowie einer stärkeren Besteuerung des Ressourcenverbrauchs bei gleichzeitiger Entlastung der Einkommen. Die politische Bedeutung des Europäischen Parlaments wurde durch zusätzliche Kompetenzen aufgewertet. Auch in Südtirol hat die grenzüberschreitende, transnationale und interregionale Zusammenarbeit einen hohen Stellenwert – für Politik, Gesellschaft und Unternehmen. Insbesondere auf lokaler Ebene verwirklicht man neue Formen einer partizipativen Entscheidungsfindung (Bürgerräte, Bürgerhaushalte, Jugendräte, Gestaltung öffentlicher Flächen durch Kinder). Das Einbringen von Volksinitiativen wurde erleichtert. Dies einerseits, um Konflikte, die Großprojekte mit sich bringen können, zu vermeiden und andererseits, um eine echte **Kultur der zivilgesellschaftlichen Mitgestaltung** zu leben. Die Landesregierung sucht die Zusammenarbeit mit den Bürgerinnen und Bürgern und der Wissenschaft und setzt dabei auf die hohe Koordinationskompetenz der Gemeinden. Dadurch hat das Vertrauen in die Institutionen zugenommen und zu deren Transparenz und Festigung beigetragen. Zudem kommen seit 2028 in ganz Südtirol elektronische Tools zur Stimmabgabe (E-Voting) zur Anwendung, was vor allem unter der jüngeren Generation zu einer höheren Wahlbeteiligung führte. Doch auch in anderen Bevölkerungsschichten, die in politischen Prozessen in der Vergangenheit eher unterrepräsentiert waren, erhöhte sich die Partizipation.

Öffentliche Investitionen, die umwelt- oder klimaschädliche Infrastrukturen und Verhaltensweisen fördern, gehören der Vergangenheit an. Auch die **Subventionspolitik** in Südtirol, den anderen italienischen Regionen und der Europäischen Union wurde entsprechend der globalen Umwelt- und Klimaziele angepasst. Subventionen in Landwirtschaft und Industrie sind heute an strenge ökologische Mindestkriterien gekoppelt. Unabhängige Kommissionen fungieren dabei als Kontrollorgane. Das hat über die letzten 10 Jahre zu mehr Kreislaufwirtschaft, ressourcenschonender Produktion und ökologischer Landwirtschaft geführt. Speziell in der industriellen Produktion konnten hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung entscheidende Kernprozesse dekarbonisieren und damit klimafreundlicher gestalten. Darüber hinaus sind heute sowohl öffentliche Einrichtungen als auch private Unternehmen, unabhängig von ihrer Größe, in ganz Europa dazu verpflichtet, eine jährliche **Nachhaltigkeitsbilanzierung** zu erstellen. Dadurch konnte die

Ressourceneffizienz gesteigert und der Ressourcenverbrauch sowie das Emissions- und Abfallaufkommen reduziert werden, was für zahlreiche Sektoren rechtlich verankert wurde.

Im Zusammenspiel zwischen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft wurde darüber hinaus ein umfassendes **Monitoringsystem** aufgebaut. Dieses überwacht die Erreichung der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeitsziele, welche auf Basis global verbindlicher Vereinbarungen für Südtirol sektorspezifisch heruntergebrochen wurden. Politische Maßnahmen auf Provinz- und Gemeindeebene sind auf die Erreichung dieser Ziele hin ausgerichtet, während alle größeren öffentlichen und privatwirtschaftlichen Investitionsprojekte auf ihre Kompatibilität mit den gesteckten Zielen hin überprüft werden.

A2.2.5. Bauen und Wohnen

Im Bereich Bauen und Wohnen ist eine sozial und ökologisch nachhaltige Gestaltung der Gemeinden und Städte Normalität, was nicht zuletzt auf das gestiegene bürgerschaftliche Engagement in politischen Entscheidungsprozessen zurückzuführen ist. Eine **nachhaltige Siedlungsentwicklung**, eine intelligente Planung und Bewirtschaftung von Flächen sowie die Eindämmung der Treibhausgasemissionen und des Abfallaufkommens stehen in diesem Bereich bereits seit Jahren ganz oben auf der politischen Agenda. Dörfer und Städte haben auf den Klimawandel reagiert, insbesondere wurde der Flächenverbrauch eingeschränkt. Wälder erlangten als natürliche CO₂-Senken einen neuen Schutzstatus – bei gleichzeitig steigender Verarbeitung lokaler Hölzer in der Bauwirtschaft. Nicht bewirtschaftete Grünflächen wurden, im Sinne des Klimaschutzes und der Gefahrenprävention, entweder wieder aufgeforstet oder bewirtschaftet. Berggebiete werden als ökologisch wertvolle Regionen gesellschaftlich höher anerkannt und deren Ortskerne wieder stärker besiedelt. Die meisten Dachflächen werden energetisch genutzt oder sind begrünt. Weitere Elemente einer **neuen Raum- und Siedlungsplanung für rurale Gebiete** sind konkrete Vorschriften zum Erhalt von Naturflächen, dem Null-Neubau im Grünen und der Verdichtung von Ortskernen. Auch der Erhalt von Flora und Fauna muss in der Raumplanung, bei Siedlungs- und Bauprojekten stärker berücksichtigt werden. Leerstehende Gebäude werden ausschließlich bei Absenz sinnvoller Nachnutzungsmöglichkeiten abgerissen. Ohne sofort an Neubau zu denken, wird versucht, Bodenfläche, wo sinnvoll und möglich, zu entsiegeln, um neue Versickerungsflächen bei den zunehmenden Starkregenereignissen zu schaffen. In **neuen entstehenden Stadtvierteln** wird darauf geachtet, ausreichend Frischluftschneisen und Grünflächen einzuplanen, sodass Wärmeinseln vermieden werden können. Eine weitere Maßnahme zur Eindämmung des Flächenverbrauchs und zum Minimieren der Leerstände sind gemeinschaftliche **Wohn- und Arbeitsprojekte**, wie etwa Co-Living, Co-Working oder Mehrgenerationenhäuser. Weiters unterstützt Südtirols Politik modulare hoch flexible Wohnprojekte, die an die sich rasch verändernden Bedürfnisse der Menschen angepasst werden können.

Um die Schaffung von **Leuchtturmprojekten im Bereich des nachhaltigen Bauens und Sanierens** bemühte sich die öffentliche Hand in verstärktem Ausmaß seit Mitte der 2020er Jahre. Diese Anstrengungen sowie die neu gestaltete Subventionspolitik trugen dazu bei, die Sanierungsrate von älteren Gebäuden merklich zu erhöhen. Durch Verbesserungen im Bereich **Wärmedämmung** konnte der Gesamtenergieverbrauch, wie auch die damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen, drastisch reduziert werden. Daneben wurde auch der Einsatz nachhaltiger Baumaterialien immer wichtiger. Durch die EU-weit geltende CO₂-Besteuerung erhalten **nachhaltige**

Rohstoffe wie Holz, Hanf und Stroh den Vorzug vor herkömmlichen, nicht-nachhaltigen Baumaterialien. Neubauten werden energieautark geplant, zumeist kommen Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen und/oder lokale Biomasse zum Einsatz. Ältere Gebäude wurden in den vergangenen 10 Jahren bereits an nachhaltige Energiequellen angeschlossen. Südtirol nimmt eine Vorreiterrolle im Bereich **Energieautarkie** ein.

Im Bereich **Energie und Heizen** hat man sich längst von fossilen Brennstoffen, wie etwa Öl und Gas, verabschiedet. Dadurch konnten letztlich auch globale Abhängigkeiten in der Energiebeschaffung abgebaut und die Energiepreise stabilisiert werden. Heizungsanlagen mit fossilen Energieträgern wurden durch emissionsarme und aus erneuerbaren Energiequellen gespeiste Anlagen wie Fernwärme, Biomasse-Heizkessel, elektrische Wärmepumpen oder Hybridsysteme ersetzt. Das Fernwärmenetz wurde ausgebaut und die Umstellung auf 100 % erneuerbare Energien ist gelungen. Neben einer besseren **Energieeffizienz** in sämtlichen Sektoren, rückte auch das Thema **Energiesuffizienz** (d. h. die nachhaltige Begrenzung des Energiebedarfs) immer stärker in den Vordergrund – unter anderem durch gezielte Sensibilisierungs- und Informationskampagnen in Betrieben und Schulen.

A2.2.6. Mobilität

Mobilität wird in Südtirol heute umfassend gedacht. Schon in der **Raumplanung** wird darauf geachtet, dass tägliche Wege kurz sind und die Ziele mit dem Fahrrad oder **kostenfreiem öffentlichen Personennahverkehr** zurückgelegt werden können. Dafür wurde das öffentliche Nahverkehrsnetz flächendeckend ausgebaut und die Frequenz der Bus- und Zugverbindungen zwischen den Gemeinden erhöht. Außerdem fährt mittlerweile die gesamte Busflotte des öffentlichen Nahverkehrs mit emissionsfreien Antrieben. Durch diese Entwicklungen ging der Individualverkehr stark zurück. Der Verkauf fossiler Brennstoffe sowie der entsprechend betriebenen Personenkraftwagen wurde bereits in den späten 2020er Jahren EU-weit verboten. Parallel dazu wurden **Wasserstoff- und Elektroantriebe** sowie der Ausbau der dafür benötigten Infrastruktur stärker gefördert. Das Zusammenspiel dieser Maßnahmen legte den Grundstein für einen klimaneutralen Verkehr in Südtirol.

Ein Großteil der Ortszentren **in Städten und Gemeinden** ist heute **autofrei**. Die meisten Wege werden mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt. Neue Radwege und Fahrradstreifen wurden angelegt, um **lückenlose und sichere Radwegenetze** zu schaffen. Durch die Verbreitung von E-Bikes und E-Scooter können zudem auch ältere und körperlich eingeschränkte Menschen individuell mobil sein. Die restlichen Wege innerhalb der Ortschaften werden meist mit dem emissionsfreien öffentlichen Personennahverkehr zurückgelegt. Viele Flächen, die früher für Straßen und Parkplätze reserviert waren, wurden umgewidmet und werden heute als Parks, Grünflächen, Spielplätze oder Sport- und Kulturstätten genutzt. Durch diese Maßnahmen sanken die CO₂-Emissionen, die **Luftqualität** verbesserte sich. Neben der Lebensqualität stieg durch die Verkehrsreduktion auch die **Sicherheit** der Anwohnerinnen und Anwohner.

Längere Strecken innerhalb Europas werden heute fast ausschließlich mit Zug oder Fernbussen zurückgelegt. Dafür wurden das europaweite Netz für Hochgeschwindigkeitszüge sowie die Nachtzugverbindungen stark ausgebaut. Außerdem wurde großes Augenmerk auf eine kosten- und zeiteffektive intermodale Mobilität – d. h. die kombinierte Nutzung unterschiedlicher

Verkehrsmittel (z. B. Zug, Bus und City-Bike) entlang einer Reiseroute – gelegt. Selbst zwischen benachbarten Kontinenten verkehren mittlerweile klimaneutrale **Super-Langstreckenzüge** und stellen damit eine attraktive Alternative zu Flugreisen dar. Doch auch das Reiseverhalten selbst hat sich verändert, unter anderem aufgrund der besseren Vereinbarkeit von Beruf und Freizeit. Nur mehr wenige Südtirolerinnen und Südtiroler fahren in den Urlaub, um sich in kürzester Zeit maximal zu erholen. Stattdessen geht es vielen vor allem um eine authentische Reiseerfahrung und darum, neue Orte und Kulturen kennenzulernen und Beziehungen zu pflegen. Das führte dazu, dass durchschnittlich weniger häufig gereist wird, die durchschnittliche Reisedauer sich aber verlängerte.

Literaturverzeichnis von Anhang 2

- Amini, H., Jabalameli, M. S. & Ramesht, M. H. (2021). Development of regional foresight studies between 2000 and 2019. An overview and co-citation analysis, *European Journal of Futures Research*, 9 (1).
- Becker, M. & Reinicke, M. (2018). Anders wachsen! Von der Krise der kapitalistischen Wachstumsgesellschaft und Ansätzen einer Transformation. München: Oekom Verlag.
- Brand, K. W. (2018). Die sozial-ökologische Transformation der Welt. Ein Handbuch. Frankfurt: Campus Verlag.
- Ekardt, F. (2018). Suffizienz, Politik und die schwierige Rolle des guten Lebens. In M. Becker & M. Reinicke (Hrsg.), *Anders wachsen! Von der Krise der kapitalistischen Wachstumsgesellschaft und Ansätzen einer Transformation*. München: Oekom Verlag.
- European Commission (2020). 2020 Strategic Foresight Report: Charting the Course Towards a More Resilient Europe. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/strategic_foresight_report_2020_1.pdf [zuletzt aufgerufen am 29.04.2022].
- Habicher, D., Windegger, F., Gruber, M., Dibiasi, A., Klotz, G., Erschbamer, G., Pechlaner, H., von der Gracht, H., Gigante, S. & Ghirardello, L. (2020). Denkstoß Covid-19: Zukunftsszenarien für ein nachhaltiges Südtirol 2030+. Bozen: Eurac Research.
- Hickel, J. & Kallis, G. (2019). Is Green Growth Possible? *New Political Economy* 25 (7576): 1-18.
- Jackson, T. (2009). *Prosperity without Growth*. London: Earthscan.
- Kuhnenn, K., Costa, L., Mahnke, E., Schneider, L. & Lange, S. (2020). A Societal Transformation Scenario for Staying Below 1.5°C. Heinrich Böll Stiftung.
- Pichler, M., Schaffartzik, A., Haberl, H. & Görg, C. (2017). Drivers of society-nature relations in the Anthropocene and their implications for sustainability transformations. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 32-36.

- Sommer, B. & Welzer, H. (2017). Transformationsdesign. Wege in eine zukunftsfähige Moderne. München: Oekom Verlag.
- Wiedman, T., Lenzen, M., Keyßer, L. T. & Steinberger, J. K. (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature Communications*. 11(1): 3107.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Die Welt

- Burke, M. J. (2020). Energy-Sufficiency for a Just Transition: A Systematic Review. *Energies*, 13 (10), 2444.
- Lane, R. (2019). Decarbonisation. In A. Kalgafianni, D. Fuchs & A. Hayden (Hrsg.). *Routledge Handbook of Global Sustainability Governance*, London: Routledge.
- O'Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F. et al. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1, 88-95.
- Prakash, S. & Joshi, V. (2019). Gross National Happiness: An Alternative Approach to Progress. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6 (5).
- Rubinić, I. (2020). Pandemic paradigm shift. *Journal of Labour and Society* 23 (3), 383-397.
- Salecker, N. (23.02.2022). Menschenrechte und Umweltschutz: EU stellt strenges Lieferkettengesetz vor. ZDF. <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/eu-lieferkettengesetz-menschenrechte-umweltschutz-100.html> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
- Schneider, F., Kallis, G. & Martinez-Alier, J. (2018). Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue. *Journal of Cleaner Production*, 18 (6), 511-518.
- Schwartzman, D. (2014). Is Zero Economic Growth Necessary to Prevent Climate Catastrophe? *Science & Society*, 78 (2), 235-240.

- Van den Bergh, J. C. J. M. & Wouter Botzen W. J. (2018). Global impact of a climate treaty if the Human Development Index replaces GDP as a welfare proxy. *Climate Policy*, 18 (1), 76-85.
- Wiesner, C. (2017). *Multi-Level-Governance und lokale Demokratie: Politikinnovationen im Vergleich*. Springer Verlag.

Die Gesellschaft

- Bader, C., Hanbury, H., Neubert, S. & Moser, S. (2020). Weniger ist mehr – Der dreifache Gewinn einer Reduktion der Erwerbsarbeitszeit. Weniger arbeiten als Transformationsstrategie für eine ökologischere, gerechtere und zufriedenerere Gesellschaft – Implikationen für die Schweiz. CDE Working Paper 6. Bern Schweiz: Centre for Development and Environment (CDE), with Bern Open Publishing (BOP).
- Kuhnenn, K., Pinnow, A., Schmelzer, M. & Treu, N. (2020). *Zukunft für Alle: Eine Vision für 2048*. München: Oekom Verlag.
- Landwehr, M., Engelbutzeder, P. & Wulf, V. (2021). Community Supported Agriculture: The Concept of Solidarity in Mitigating Between Harvests and Needs. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Association for Computing Machinery, 299, 1-13.
- Lawson, M., Parvez Butt, A., Harvey, R., Sarosi, D., Coffey, C., Piaget, K. & Thekkudan, J. (2020). Time to Care: Unpaid and underpaid care work and the global inequality crisis. Oxfam International.
- Rabès, A., Seconda, L., Langevin, B., Allès, B., Touvier, M., Hercberg, S., Lairon, D., Baudry, J., Pointereau, P. & Kesse-Guyot, E. (2020). Greenhouse gas emissions, energy demand and land use associated with omnivorous, pesco-vegetarian, vegetarian, and vegan diets accounting for farming practices. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 138-146.
- Rosnick, D. (2013). Reduced Work Hours as a Means of Slowing Climate Change. Center for Economic and Policy Research, Washington DC.

- Sandberg, M. (2021). Sufficiency transitions: A review of consumption changes for environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 293.
- Seele, P. & Lock, I. (2017). The game-changing potential of digitalization for sustainability: possibilities, perils, and pathways. *Sustainability Science* 12, 183-185.

Die Wirtschaft

- Eichenberger, R. & Stadelmann, D. (2020). Die politische Ökonomie der Klimapolitik: So wird ein Land mit Kostenwahrheit zum Vorbild beim Klimaschutz. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 29 (3), 148-153.
- Europäisches Parlament (04.07.2017). Länger haltbar, leichter zu reparieren: Maßnahmen für bessere Verbraucherprodukte. <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20170629IPR78633/langer-haltbar-leichter-zu-reparieren-massnahmen-fur-bessere-verbraucherprodukte> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
- Gallego-Schmid, A., Chen, H. M., Sharmina, M. & Mendoza, J. M. F. (2020). Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, 260.
- Humphreys, N. (04.03.2022) What does it mean to "Do No Significant Harm"? Sustainable Finance, Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/professional/blog/what-does-it-mean-to-do-no-significant-harm/> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
- Kern, F., Aretz, A., Bluhm, H., Hirschl, B., Kliem, L., Rohde, F., Stumpf, K. J., Vogel, C. & Rubik, F. (2020). Gute Beispiele für nachhaltiges, sozial-ökologisches Wirtschaften in planetaren Grenzen. WWF Deutschland.
- Liedtke, C., Köhlert, M., Wiesen, K., Stinder, A.K., Brauer, J., Beckmann, J., Fedato, C., El Mourabit, X., Seibt, A. & Speck, M. (2020). Nachhaltige Lieferketten: Global kooperative Regionalwirtschaften für Wohlstand und Resilienz. *Zukunftsimpuls* No. 11, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

- Musso, A. & Rothengatter W. (2013). Internalisation of external costs of transport – A target driven approach with a focus on climate change. *Transport Policy*, 29, 303-314.
 - Samadi, S. & Lechtenböhrer, S. (2022). Dekarbonisierung in der Industrie: Wege zu einer klimaneutralen Industrie. *emw, das energie-Magazin*.
 - Schroeder, P., Anggraeni, K. & Weber, U. (2019). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23, 77-95.
 - Ziolo, M., Filipiak, B.Z., Bık, I., Cheba, K., Tırca, D.M. & Novo-Corti, I. (2019). Finance, Sustainability and Negative Externalities. An Overview of the European Context. *Sustainability*, 11, 4249.
 - Zukunftsinstitut (2019). *Der neue Resonanz-Tourismus. Trendstudie*. Frankfurt am Main: Zukunftsinstitut.
- Die Politik**
- Bosse, J., Knoppik, S. & Wiedmann, O. (2021). Wirksamer Klimaschutz mit Bürgerräten. *Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift*, 36(2), 26-27.
 - Brand, U., Muraca, B., Pineault, E., Sahakian, M. et al. (2021). From planetary to societal boundaries: an argument for collectively defined self-limitation. *Sustainability: Science, Practice, and Policy*, 17 (1), 264-291.
 - Edenhofer, O. (04.04.2022). „Was wir brauchen, ist ein vernünftiger CO₂-Preis mit Rückerstattung“. *Die Zeit*. <https://www.zeit.de/green/2022-04/ipcc-welt-klimabericht-co2-klimaneutralitaet-klimaschutz-ottmar-edenhofer> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - Gibson, J. P., Krimmer, R., Teague, V. et al. (2016). A review of E-voting: the past, present and future. *Ann. Telecommun.* 71, 279-286.
 - Nagiller, J. (27.09.2021). Bürgerräte: Wenn Politik Rat beim Volk sucht. *Science, ORF* <https://science.orf.at/stories/3208921/> [letzter Aufruf am 10.05.2022].
 - Kahne, J., Hodgins, E. & Eidman-Aadahl, E. (2016). Redesigning Civic Education for the Digital Age: Participatory Politics and the Pursuit of Democratic Engagement, *Theory & Research in Social Education*, 44(1), 1-35.
 - Meyer, E. (2012). Der Beitrag von Ressourcensteuern zu wirksamer Ressourcenschonung. *Green Budget Germany, Forum Ökologisch-soziale Marktwirtschaft*.
 - Stoddard, I., Anderson, K., Capstick, et al. (2021). Three Decades of Climate Mitigation: Why Haven't We Bent the Global Emissions Curve? *Annual Review of Environment and Resources*, 46(1), 653-689.
- Das Bauen und Wohnen**
- Akhimien, N. G., Latif, E. & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 38, 102041.
 - Autonome Provinz Bozen - Südtirol (03.06.2021). Südtirol setzt sich bei EU für Verwendung von nachhaltigem Holz ein. <https://sostenibilita.provincia.bz.it/de/news/sudtirol-setzt-sich-bei-eu-fur-verwendung-von-nachhaltigem-holz-ein> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - Basyigit, C., Alkayis, M.H. & Kartli, M.I. (2021) Environmental effects of utilization of sustainable building materials. *Heritage and Sustainable Development*, 3 (1), 64-70.
 - Edilportale (2020). Consumo di suolo e recupero dei sottotetti, entra nel vivo Veneto 2050. https://www.edilportale.com/news/2020/01/normativa-consumo-di-suolo-e-recupero-dei-sottotetti-entra-nel-vivo-veneto-2050_74303_15.html [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - Goh, B. H. & Sun, Y. (2016). The development of life-cycle costing for buildings. *Building Research & Information*, 44 (3), 319.
 - Habicher, D., Gigante, S., Kofler, I. et al. (2022). Projektbericht Tiny FOP MOB – Ein rollendes Reallabor aus Holz und Hanf reist durch den Vinschgau. *Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten gemeinsam an nachhaltigen Lösungen*. Bozen: Eurac Research.
 - Lorek, S., Spangenberg, J.H. (2019). Energy sufficiency through social innovation in housing. *Energy Policy*, 126, 287-294.
 - Munaro, M. R., Tavares, S. F. & Bragança, L. (2020). Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, 260.
 - Plattform Land (2021). Sanierungsberatung für Bürger*innen und Gemeinden. https://www.plattformland.org/wp-content/uploads/2021/12/211206_Plattform_Land_Sanierungsberatungsflyer_DE_WEB.pdf [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - United Nations Environment Programme (2021). 2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi.
 - <https://www.globalcitizen.org/de/content/Luxembourg-first-country-free-public-transport/> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - Griffiths, S., Furszyfer Del Rio, D. & Sovacool, B. (2021). Policy mixes to achieve sustainable mobility after the COVID-19 crisis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143.
 - Kone, S. M. (2020). Urban Topology of Car-Free Cities. In R. Doheim, A. Farag, & E. Kamel (Eds.), *Humanizing Cities Through Car-Free City Development and Transformation*. IGI Global.
 - Krüher, A. (17.05.2021). EU-Programm für eine bessere Bahn: Mehr Schnellzüge für Europa. *taz, die tageszeitung*. <https://taz.de/EU-Programm-fuer-eine-bessere-Bahn/15772607/> [letzter Aufruf am 10.05.2022]
 - Madner, V., & Grob, L. M. (2019). Potentiale der Raumplanung für eine klimafreundliche Mobilität. *JURIDIKUM, Zeitschrift für Kritik, Recht, Gesellschaft*, 4, 521-532.
 - Röhrig-van der Meer, E., Geschwinder, K. (2021). Die Wiederentdeckung des Fahrrads. In: Sahling U. (eds) *Klimaschutz und Energiewende in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
 - Weber, K., Zangl, M., Zahid, M. U. & Holzner, M. (2021). Environmental Impact Evaluation of a European High Speed Railway Network along the 'European Silk Road', Research report. The Vienna Institute for International Economic Studies, Central European University.
- Die Mobilität**
- Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Köln; Arbeitskreis kommunaler Klimaschutz (2021). *Klimafreundliche Mobilität für Stadt und Land, Impulse für den kommunalen Klimaschutz*. Aus der Praxis für die Praxis.
 - EU-Kommission will Benzin- und Dieselaautos bis 2035 verbieten (14.07.2021). *Die Zeit*. <https://www.zeit.de/politik/2021-07/eu-kommission-will-verbrennungsmotoren-bis-2035-verbieten> [letzter Aufruf am 09.05.2022].
 - Gralki, P. & Wiggins, B. (02.03.2020). Luxemburg führt als erstes Land der Welt kostenlosen Nahverkehr ein.

