



# EnergyRoads: Dynamisches Laden in Österreich

## Bericht (Kurzfassung)

**Verfasst von:** Christoph Link, Michael Rohrer,  
Victoria Schopf, Österreichische  
Energieagentur  
Michael Schwarz, Bernhard Lackner, IKK  
Florian Koppelhuber, Eva Medicus,  
Elisabeth Scherounigg, Trafility  
Helmut-Klaus Schimany, BVe

**Beauftragt von:** Klima- und Energiefonds

**Ort, Datum:** Wien, 02.04.2024

## Impressum

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, ZVR 914305190

Mariahilfer Straße 136, 1150 Wien

Telefon: +43 1 586 15 24, Fax-Durchwahl 340, [office@energyagency.at](mailto:office@energyagency.at), [energyagency.at](http://energyagency.at)

Für den Inhalt verantwortlich: DI Franz Angerer | Gesamtleitung: Christoph Link

Lektorat: AEA | Layout: AEA

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency | Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet.

Die Österreichische Energieagentur hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

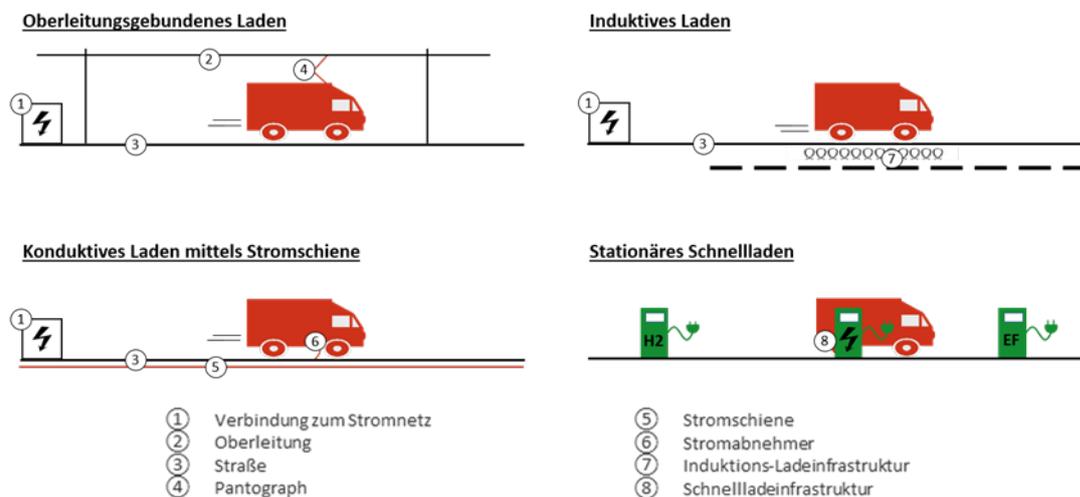
## Dynamisches Laden: Systemoptionen

Für die Dekarbonisierung des Güterverkehrs werden klimaneutrale Antriebskonzepte für den Straßengüterverkehr benötigt. Dies bedeutet die direkte und indirekte Elektrifizierung des Lkw-Verkehrs. Verschiedene technologische Entwicklungspfade sind möglich: stationäres Laden batterieelektrischer Fahrzeuge vor der Fahrt, dynamisches Laden während der Fahrt oder die Nutzung von Elektrizität zur Treibstoffherstellung (E-Fuels oder Wasserstoff).

Beim dynamischen Laden nimmt das Fahrzeug während der Fahrt elektrische Energie auf. Voraussetzung ist eine straßenseitige Infrastruktur. Es werden drei Arten des dynamischen Ladens unterschieden (siehe Abbildung 1):

- oberleitungsgebundenes Laden, bei dem das Fahrzeug mit einem Pantographen ausgestattet ist
- induktive Systeme, bei denen im Boden integrierte Spulen ein hochfrequentes Magnetfeld erzeugen, das wiederum über eine Empfängerspule im Fahrzeug elektrische Energie erzeugt
- konduktive, kabelgebundene Systeme, bei denen die Stromaufnahme beispielweise über eine Stromschiene erfolgt

Abbildung 1: Dekarbonisierungsoptionen: Oberleitungsgebundenes, induktives, konduktives und stationäres Laden



Quelle: AEA, eigene Darstellung

Beim oberleitungsgebundenen Laden bezieht das Fahrzeug über einen Pantographen Energie. Das System wird aus dem Mittel- oder Hochspannungsnetz gespeist. Das Fahrzeug verfügt über eine Traktionsbatterie oder eine zweite Antriebsart, mit der es sich auf Strecken ohne Oberleitung bewegen kann. Demnach ist keine durchgehende Oberleitungsinfrastruktur notwendig. Die Technologie hat im Vergleich zu den anderen dynamischen Lademöglichkeiten den höchsten Technologischen Reifegrad (Technology Readiness Level, TRL) für schwere Nutzfahrzeuge. Aus statischen Gründen bietet sie sich nur für schwere Fahrzeuge an.

Oberleitungsgebundenes Laden ist insbesondere dann sinnvoll, wenn signifikante Verbesserungen in Bezug auf den spezifischen Energiegehalt von Traktionsbatterien oder die Batteriekosten ausbleiben, die Verfügbarkeit von Batterien eingeschränkt ist oder die Nutzung der Schnellladeinfrastruktur zu hohen gleichzeitigen Netzbelastungen und auf wenige Netzanschlusspunkte verteilte Belastungen führt. In diesen Fällen weisen O-

BEV-Lkws Vorteile auf. Der Aufbau von Zero-Emission-Korridoren, die stationäres und dynamisches Laden kombinieren, kann den Ausbaudruck auf die stationäre Ladeinfrastruktur und die Gleichzeitigkeit der Netzbelastung reduzieren.

## Ein Oberleitungssystem in Österreich?

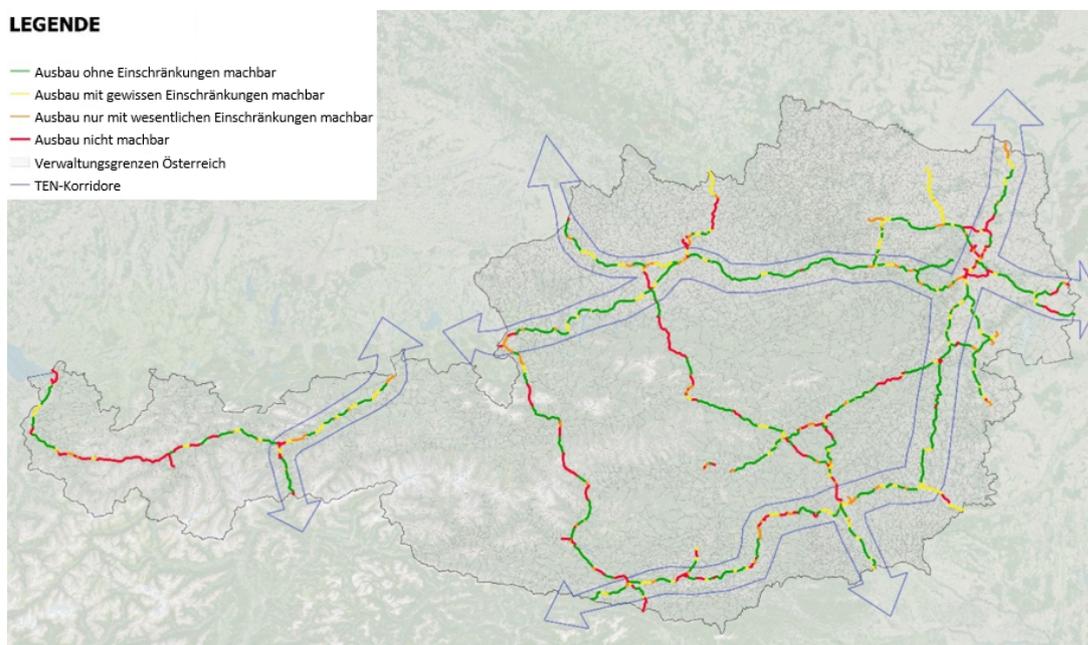
In der Studie „EnergyRoads“ wurden Einsatzbereiche sowie Vor- und Nachteile des dynamischen Ladens für den Güterverkehr auf österreichischen Autobahnen und Schnellstraßen bis 2040 thematisiert. Im Fokus standen oberleitungsgebundene batterieelektrische Fahrzeuge (O-BEV) und die dafür notwendige Electric-Road-System Infrastruktur (ERS-Infrastruktur).

In den Analysen wurde kein Faktor identifiziert, der Errichtung und Betrieb eines oberleitungsgebundenen Systems in Österreich ausschließen würde.

Die (technische) Machbarkeit eines oberleitungsgebundenen Electric-Road-Systems wurde in internationalen Teststrecken prinzipiell nachgewiesen. Das System ist erprobt und marktreif. Die benötigten europäischen Normen beziehungsweise Ergänzungen zu Normen sind vorhanden oder zumindest in Vorbereitung. Im österreichischen hochrangigen Straßennetz existieren keine flächendeckenden Barrieren für die Installation der benötigten Infrastruktur. Eine Barrierewirkung entfalten beispielsweise Tunnel, hohe Lärmschutzwände oder in enger Abfolge vorhandene Oberkopfbauwerke. Sie verhindern die Errichtung der ERS-Infrastruktur nicht in jedem Fall, machen sie in manchen Abschnitten aber aufwändiger und teurer.

Die Analyse des Straßennetzes anhand eines Bewertungsschemas ergab, dass auf der Hälfte des Autobahn- und Schnellstraßennetzes eine ERS-Infrastruktur ohne Einschränkungen errichtet werden kann (grün markierte Strecken in Abbildung 2).

Abbildung 2: Beurteilung der Eignung österreichischer Autobahnen und Schnellstraßen für oberleitungsgebundene ERS-Infrastruktur



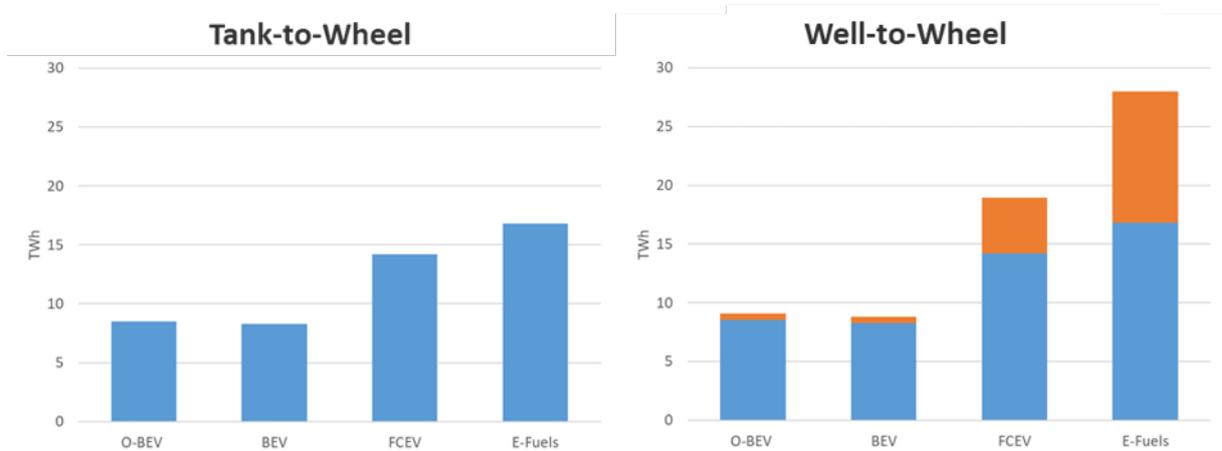
Quelle: IKK

Besonders gut geeignet sind die für den Transitverkehr relevanten transeuropäischen Korridore (TEN-V-Kernnetz und TEN-V-Gesamtnetz, in der Abbildung durch Pfeile symbolisiert). Im TEN-V-Kernnetz ist eine 80-prozentige Abdeckung machbar. Eine 50-prozentige Mindestabdeckung – definiert als Anteil des mit Oberleitungen versehenen Autobahn- und Schnellstraßennetzes – ist somit sowohl im TEN-V-Kernnetz als auch im TEN-V-Gesamtnetz machbar. Dagegen ist nur auf einem Viertel des hochrangigen Straßennetzes die Errichtung einer entsprechenden Infrastruktur nicht machbar (rot markierte Strecken). Der längste nicht elektrifizierte Abschnitt im TEN-V-Kernnetz kann demnach kürzer als 20 km sein. Im TEN-V-Gesamtnetz gibt es aufgrund langer beziehungsweise vieler Tunnel längere nicht elektrifizierbare Streckenabschnitte. Dort wären O-BEV mit höherer Batteriekapazität notwendig.

Die Analyse aller Lkw-Fahrten in Österreich zeigt, dass vom letzten leicht elektrifizierbaren Streckenstück bis zum Ziel der einzelnen Wege in den allermeisten Fällen eine effektive batterieelektrische Reichweite von 50 km ausreicht. Die Erreichbarkeit, die Durchführung logistischer Prozesse und die Versorgung mit Gütern ist mit O-BEV mit begrenzter Batteriekapazität somit sichergestellt.

O-BEV haben einen ähnlichen Energieverbrauch wie rein batterieelektrische Lkws (Battery electric vehicles, BEV) und sind deutlich effizienter als wasserstoffbasierte Lkws mit Brennstoffzelle (Fuel cell electric vehicles; FCEV) wie auch mit E-Fuels betriebene Lkws (Abbildung 3). Bei einem Anstieg der Verkehrsleistung (Fahrzeuge mit mehr als 26 Tonnen (t), N3-26-Verkehr) um etwa 30 % kann bei einem 50-prozentigen Einsatz von O-BEV mit einem zusätzlichen Jahresstromverbrauch auf Oberleitungsstrecken von 3 Terawattstunden pro Jahr (TWh/a) und für erforderliche statische Ladevorgänge in der Nacht, am Wochenende, bei Depots und an Destinationen von 1,2 TWh/a ausgegangen werden.

Abbildung 3: Jahresenergieverbrauch der Fahrzeuge (Tank-to-Wheel) inklusive Treibstoffbereitstellung (Well-to-Wheel), angenommen 100 % der Fahrleistung je Antrieb laut CLEARER-Szenario



Quelle: AEA, eigene Berechnungen

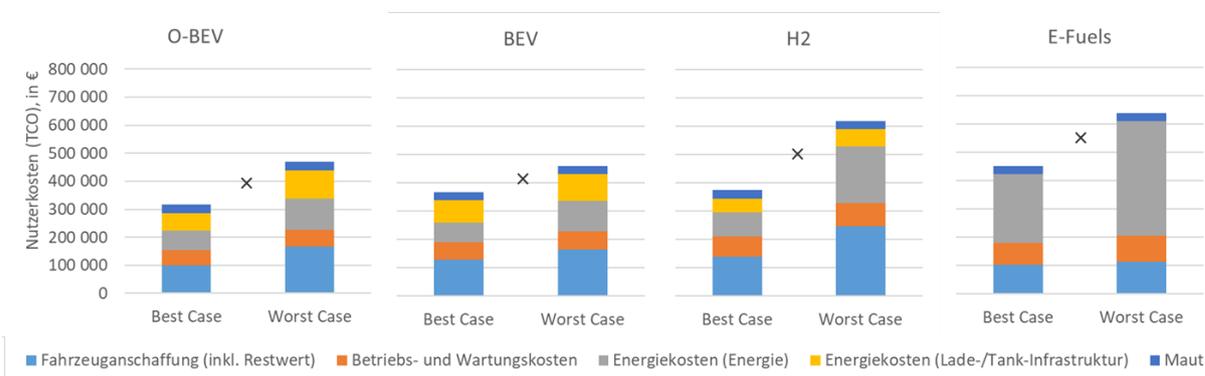
Die Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen von O-BEV (Fahrzeuge ohne Infrastruktur) sind geringer als jene von vergleichbaren BEV mit ausschließlich stationärem Laden und deutlich geringer als jene von FCEV und mit E-Fuels betriebene Lkws. Für 2030 basieren die Analysen von „EnergyRoads“ auf einem circa 5-prozentigen Flottenanteil. Demnach ist kein signifikanter Effekt von O-BEV auf den Lastgang im österreichischen Stromnetz zu erwarten. Für 2040 wird es bei höheren Flottenanteilen zu signifikanten zusätzlichen Netzlasten kommen.

Dies erfordert einen zusätzlichen Netzausbau und den Ausbau von erneuerbarer Stromaufbringung beziehungsweise elektrischen Speichern.

Die ERS-Infrastruktur ist gut modular skalier- und erweiterbar. Ein verkehrlich sinnvolles und attraktives System erfordert eine erhebliche Anfangsinvestition. In Österreich wären für diese Anfangsinfrastruktur entlang des TEN-V-Kernetzes 550 km (in beide Fahrtrichtungen) mit Oberleitungen zu versehen und Unterwerke mit einer gesamten Anschlussleistung in der Größenordnung von 500 MW notwendig. Bezüglich der Investitionskosten für diesen anfänglichen Infrastrukturausbau inklusive Netzbereitstellung ist von circa 880 bis 1.400 Mio. € auszugehen. Dies entspricht in etwa 1,6 bis 2,6 Mio. €/km. Der Endausbau im TEN-V-Kernetz (wenn 50 % des schweren Nutzverkehrs (Fahrzeuge mit mehr als 26 Tonnen, N3-26-Verkehr) in Österreich und ungefähr 70 % des Verkehrs der TEN-V-Kernetzes mit O-BEV befahren werden) erfordert circa 1.360 bis 2.040 Mio. € an Investitionskosten (inklusive Netzbereitstellung) beziehungsweise 2,5 bis 3,7 Mio. €/km. Die Investitionen für die Anfangsinfrastruktur ist höher als bei alternativen Dekarbonisierungsoptionen, da diese eine höhere Modularität haben. Im Endausbau sind die Investitionskosten vergleichbar. Für die ERS-Infrastruktur sind allerdings die Abschreibungs- und Nutzungsdauern mit 20 Jahren deutlich höher als für stationäre Ladeinfrastruktur und Wasserstofftankstellen.

Im Vergleich der Gesamtkosten über Kauf und Nutzung eines Fahrzeugs (Total Cost of Ownership, TCO) schneiden O-BEV und BEV besser ab als ihre Alternativen. Ursächlich sind geringere Fahrzeugkosten, geringere Energiekosten (im Vergleich mit H2 und E-Fuels), längere Abschreibungszeiträume der Infrastruktur und potenziell bessere Finanzierungskonditionen der Infrastruktur (bei Refinanzierung unter anderem durch Nichtnutzer). Die mittleren TCO liegen bei O-BEV und BEV bei circa 400.000 €, bei FCEV bei circa 500.000 € und bei mit E-Fuels betriebenen Lkws bei circa 550.000 € (siehe Abbildung 3).

Abbildung 4: TCO-Vergleich von O-BEV, BEV, FCEV und mit E-Fuels betriebenen Lkws



Quelle: AEA, eigene Berechnungen

Die Nutzung von Synergieeffekten zwischen Oberleitungen und der stationären Ladeinfrastruktur sind bei der Elektrifizierung des Personen- und Güterverkehrs im Autobahn- und Schnellstraßennetz naheliegend und möglich. Untersuchungen in Deutschland haben die Verfahrensdauer für den Ausbau der Stromnetze als eine der größten Herausforderungen für den Markthochlauf von E-Mobilität identifiziert. Durch eine kombinierte und langfristige Betrachtung der Stromnachfrage von Pkws und Lkws können nicht nur Kosten gespart, sondern auch die Anzahl der Genehmigungs- und Netzanschlussverfahren reduziert werden. Die Nutzung dieses Synergiepotenzials kann zu einer früheren zeitlichen Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur von Lkws führen. Für den Güterverkehr ergeben sich Synergiepotenziale, wenn Oberleitungsinfrastruktur auf vielbefahrenen

Strecken zum Einsatz kommt und Schnellladeinfrastruktur zur Erschließung der Fläche eingesetzt wird. Die Kombination von dynamischem und stationärem Laden im Sinne von Zero-Emission-Korridoren erhöht die Flexibilität und Resilienz des Systems.

Sollte eine Entscheidung für den Ausbau der Oberleitungsinfrastruktur im Straßengüterverkehr getroffen werden, bedarf es eines rechtspolitischen Beschlusses mit Konsequenzen für die Eigentümerstruktur und Refinanzierungsmöglichkeiten. Die Einordnung der ERS-Infrastruktur als „Teil der Straße“ mit der ASFiNAG als Eigentümerin und der Refinanzierungsmöglichkeit über die Maut hat Vorteile gegenüber den Alternativen. Die Beteiligung von Nichtnutzern an der Refinanzierung der Infrastruktur über die Maut kann in der Hochlaufphase essenziell sein. Hierfür ist allerdings die rechtliche Machbarkeit zu prüfen und eventuell die EU Wegekosten-Richtlinie weiterzuentwickeln. Eine genaue Analyse der Möglichkeiten der Leistungserbringung für Planung, Bau, Betrieb, Erhaltung und Finanzierung im Rahmen von funktionaler Privatisierung beziehungsweise öffentlich-privaten Partnerschaften zwischen ASFiNAG und Dritten wird benötigt. Der ERS-Betreiber sollte aus wettbewerbsrechtlichen Gründen nicht als Stromlieferant für die ERS-Nutzer fungieren. Es gibt unterschiedliche Optionen, wie dies alternativ organisiert werden kann. Aus Effizienzüberlegungen ist es naheliegend, die über die ERS-Infrastruktur abgegebene Energie nach dem tatsächlichen Verbrauch abzurechnen und nicht zeit- oder streckenbezogen oder aber als Flatrate-Tarif.

Das dynamische Laden sollte nicht als Konkurrenz oder Substitut, sondern als komplementäre Lösung zum stationären Laden und gegebenenfalls auch zu anderen Antriebskonzepten im Sinne von Zero-Emission-Korridoren verstanden werden. Das gilt auf Ebene des einzelnen Fahrzeugs, aber auch systemisch. Auf Fahrzeugebene können O-BEV auch stationär laden, für Strecken ohne Oberleitungsinfrastruktur muss auf die Traktionsbatterie oder eine zweite Antriebstechnologie zurückgegriffen werden – die Oberleitungstechnologie ist hier mit allen Antriebskonzepten kompatibel. Systemisch reduziert das dynamische Laden den Ausbaudruck für stationäre Ladeinfrastruktur und erhöht die Flexibilität des Verkehrssystems – ein nur auf stationärer Ladeinfrastruktur basierendes System erfordert entweder sehr hohe (Sicherheits-)Kapazitäten oder eine genaue raum-zeitliche Abstimmung von Elektrizitätsnachfrage und -angebot. Aus verkehrlich-systemischer Sicht ist ein Oberleitungssystem nur als integriertes, internationales System sinnvoll, bei dem die Infrastruktur nicht an den Landesgrenzen endet und die grenzüberschreitende Nutzung sichergestellt und einfach ist.



## Über die Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA)

Die Österreichische Energieagentur liefert Antworten für die klimaneutrale Zukunft: Ziel ist es, unser Leben und Wirtschaften so auszurichten, dass kein Einfluss mehr auf unser Klima gegeben ist. Neue Technologien, Effizienz sowie die Nutzung von natürlichen Ressourcen wie Sonne, Wasser, Wind und Wald stehen im Mittelpunkt der Lösungen. Dadurch wird für uns und unsere Kinder das Leben in einer intakten Umwelt gesichert und die ökologische Vielfalt erhalten, ohne dabei von Kohle, Öl, Erdgas oder Atomkraft abhängig zu sein.

Das ist die missionzero der Österreichischen Energieagentur.

Mehr als 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus vielfältigen Fachrichtungen beraten auf wissenschaftlicher Basis Politik, Wirtschaft, Verwaltung sowie internationale Organisationen. Sie unterstützen diese beim Umbau des Energiesystems sowie bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Bewältigung der Klimakrise.

Die Österreichische Energieagentur setzt zudem im Auftrag des Bundes die Klimaschutzinitiative klima**aktiv** um. Der Bund, alle Bundesländer, bedeutende Unternehmen der Energiewirtschaft und der Transportbranche, Interessenverbände sowie wissenschaftliche Organisationen sind Mitglieder dieser Agentur.

Besuchen Sie uns auf unserer Webseite: [energyagency.at](https://energyagency.at).



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

[energyagency.at](http://energyagency.at)