

Die Tiroler Landesmuseen beteiligen sich unter dem Motto „Museum bewegt“ am Euregio Museumsjahr 2021 mit Ausstellungen zum Thema „Transit – Transport – Mobilität“. Das Museum im Zeughaus beschäftigt sich in seiner Ausstellung mit „Gehen – Fahren – Reisen. Mobilität in Tirol“. Im Zentrum steht die Geschichte der Fortbewegung und des Transports im Bereich des historischen Tirol mit ihren – auch durch technische Errungenschaften ermöglichten – Fortschritten und ihren gerade durch diese entstandenen gesundheitlichen und gesellschaftlichen Problemen.

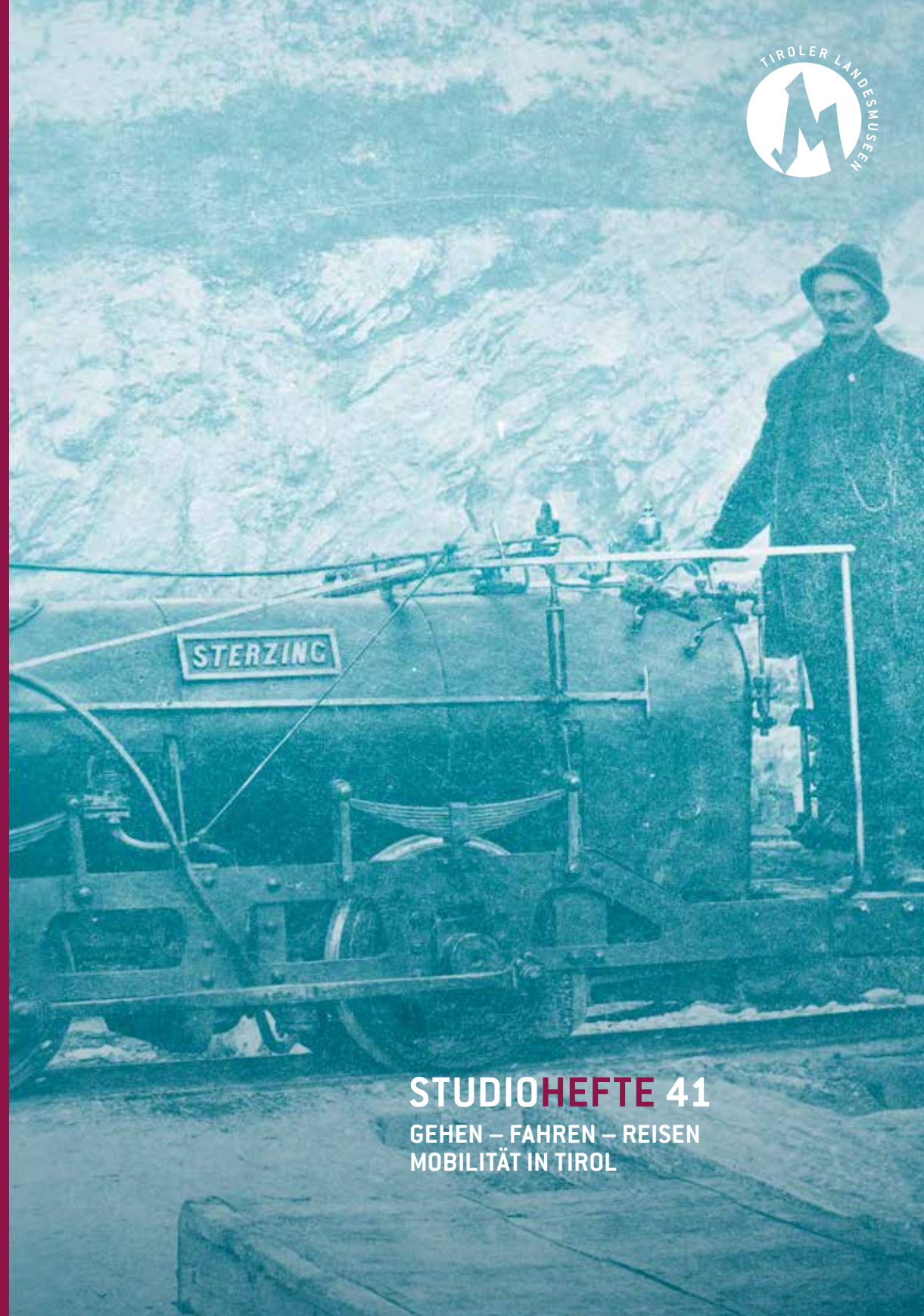
In diesem Studioheft werden – in Ergänzung zur Ausstellung – verschiedene thematische Aspekte genauer beleuchtet, von der Prähistorie bis zu aktuellen Diskursen, von der Entwicklung des Rades bis zum Kofferpacken.

Euregio — Museumsjahr
Anno dei musei — Ann di
museums — 2021



STUDIOHEFTE 41

GEHEN – FAHREN – REISEN. MOBILITÄT IN TIROL



STUDIOHEFTE 41
GEHEN – FAHREN – REISEN
MOBILITÄT IN TIROL

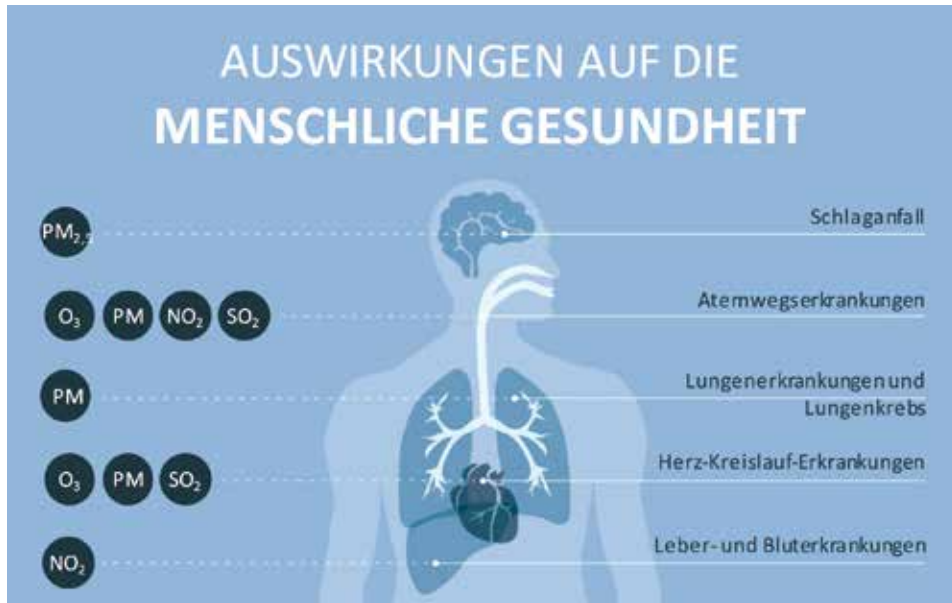


Abb. 1 Auswirkung von einigen Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit. (PM= Staubpartikel, PM2.5 sind Staubpartikel mit einem Äquivalentdurchmesser von kleiner 2.5 µm, O₃ = Ozon, NO₂=Stickstoffdioxid; SO₂= Schwefeldioxid). Foto: Sonderbericht Luftverschmutzung (2018)

DIE AUSWIRKUNG ZUNEHMENDER MOBILITÄT AUF DIE LUFT-QUALITÄT IN TIROL

Georg J. Lair / Walter Egger / Andreas Krismer / Lukas Czakert / Christian Schwaninger
Amt der Tiroler Landesregierung

ALLGEMEINES ÜBER DIE LUFT UND DIE AUSBREITUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN

Die Luft als das Gasgemisch der Erdatmosphäre setzt sich im trockenen Zustand aus den Hauptbestandteilen Stickstoff (ca. 78 Volumprozent) und Sauerstoff (ca. 21 Volumprozent) zusammen. Daneben gibt es noch Edelgase (wie z. B. Argon, Helium) und andere Spurenstoffe (wie z. B. Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid, Kohlenmonoxid), deren Anteil zusammen unter 1 Volumprozent liegt.

Ein erwachsener Mensch atmet bei einer Atemfrequenz von 8,5 l/min etwa 12 m³ oder umgerechnet rund 15 kg Luft (bei 20° C, 1013 hPa, 50 % Luftfeuchte) pro Tag ein. Dies ist also annähernd ein 4.000-mal größeres Volumen als das der täglichen festen und flüssigen Nahrung (etwa 3 l). Der Sauerstoff in der Atemluft ist für den Menschen lebensnotwendig, jedoch schädigen toxisch wirkende Gase und Partikel in der Luft den menschlichen Organismus. Damit ist die Qualität der Umgebungsluft von sehr großer Bedeutung für unsere Gesundheit und unser Wohlergehen (vgl. Abb. 1).

Als *Luftverunreinigungen* werden alle Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft bezeichnet, beispielsweise durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe. Gemäß der Definition der EU-Richtlinie 2008/50/EG gilt als *Luftschadstoff* jeder in der Luft vorhandene Stoff, der schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt haben kann. Bemerkenswert ist hier, dass eine hohe kurzzeitige Luftverschmutzung meist eine geringere Gefahr für die menschliche Gesundheit und unsere Umwelt darstellt als eine langfristige Exposition mit geringen Schadstoffkonzentrationen.

Luftschadstoffe treten in Quellennähe (Emittenten) am konzentriertesten auf und werden mit zunehmendem Abstand in der Atmosphäre durch Luftbewegungen (Konvektion) und Eigenbewegung (Diffusion) verdünnt. Während einer Verfrachtung können die Schadstoffe durch die UV-Strahlung und/oder durch das Vorhandensein anderer Luftbestandteile teilweise gebildet, ab- oder umgebaut werden (z. B. zu Ozon, sekundärem Feinstaub). Wichtig ist hierbei zu beachten, dass großräumige Schadstoffverfrachtungen keine Ländergrenzen kennen. So kam es zum Beispiel in den 1960er-Jahren aufgrund des Ferntransports dazu, dass Seen in Skandinavien durch Abgase aus Mitteleuropa zunehmend versauerten („saurer Regen“). Aber auch die gemessene radioaktive Strahlung in ganz Europa nach der Tschernobyl-Reaktorkatastrophe im Jahr 1986 verdeutlicht die oft weite Verbreitung von Luftschadstoffen.

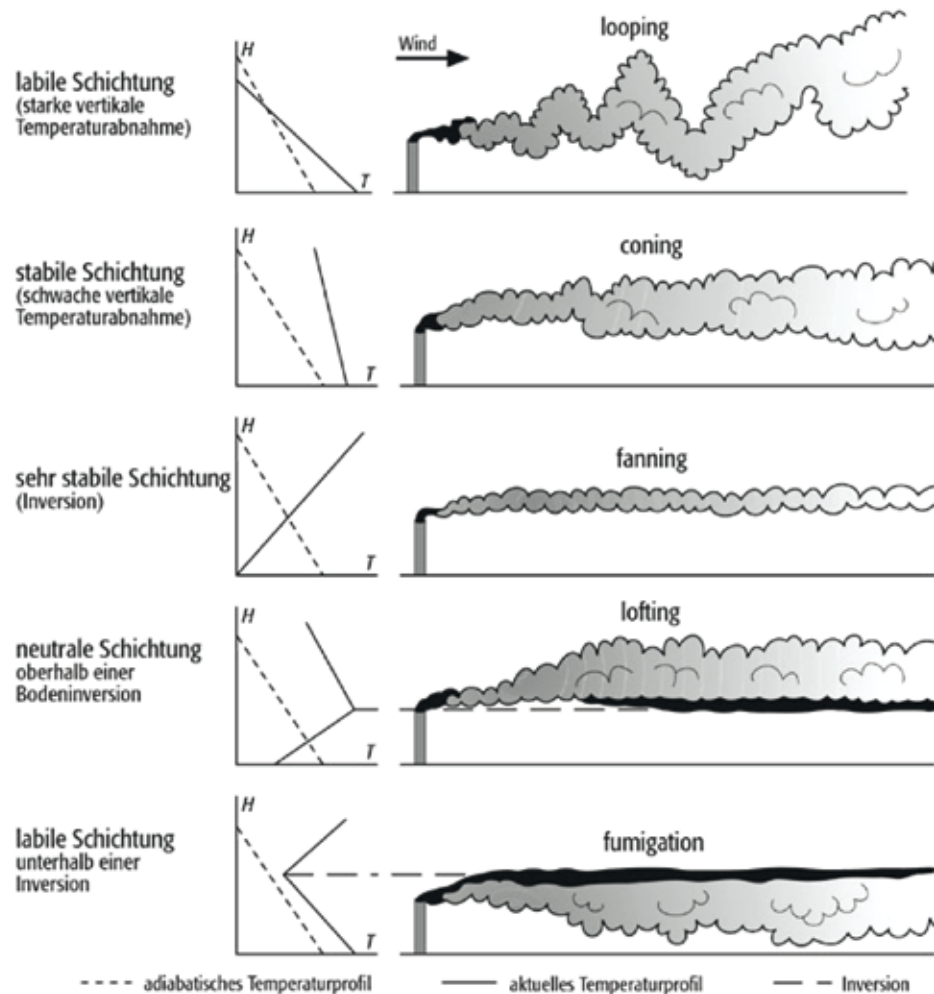


Abb. 2 Die vertikale Temperaturschichtung (Schichtungszustand der Atmosphäre) prägt im Wesentlichen die Form der Abluftfahne eines Emittenten und die Höhe der Schadstoffbelastung in dessen Umfeld. Die höchste Schadstoffbelastung am Boden entsteht bei Emissionen unterhalb einer Inversion („fumigation“). Foto: nach Wetter und Klima (1989)

Gebirgsregionen wie das Bundesland Tirol besitzen aufgrund der strukturierten Topografie *besondere Ausbreitungsverhältnisse* für die emittierten Luftschadstoffe. Die Berge, die die besiedelten Becken und Täler umgeben, verringern die verfügbare Luftmenge, indem Luftströme oft nur in „Kanälen“ geleitet werden oder durch stabile Luftschichtungen (Temperaturinversionen) ein Luftaustausch sogar blockiert wird. Meistens sind die Winde auf Zirkulationen entlang der Täler beschränkt und generell schwächer ausgeprägt als in ebenen Landschaften. Im Gebirge entwickeln sich an Schönwettertagen lokale Windsysteme, die tagsüber (vor allem nachmittags) in die Täler und talaufwärts und nachts (einschließlich der Morgenstunden) aus den Tälern und talabwärts wehen (Defant 1949). Bei entsprechenden Wetterverhältnissen wiederholt sich dieses Schema über mehrere Tage, bis eine Wetterfront

dieses durchbricht. Vor allem in den größeren und stark besiedelten Tälern können während einer Temperaturinversion mit nur lokalen Luftzirkulationen (vgl. Abb. 2) am Boden kritische Schadstoffakkumulationen erreicht werden. Bodennahe Inversionen treten in Tirol ganzjährig mit einer 30–40-prozentigen Häufigkeit auf, was sehr beträchtlich ist (Monitraf 2007). Während lang anhaltender Hochdruckwetterlagen im Winter werden in Tirol die höchsten Luftschadstoffkonzentrationen aus Verkehr, Industrie und Hausbrand gemessen.

DURCH DEN STRASSENVERKEHR VERURSACHTE LUFTSCHADSTOFFE

Stickstoffoxide

Stickstoffmonoxid [NO] und Stickstoffdioxid [NO₂], zusammengefasst als Stickstoffoxide oder Stickoxide [NO_x], entstehen überwiegend als unerwünschte Nebenprodukte bei der Verbrennung von Treibstoffen bei hoher Temperatur. Für den Menschen besonders schädlich ist NO₂, da es die Lungenfunktion beeinträchtigt, bei Langzeitbelastung aber auch zu Todesfällen durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen kann. Außerdem sind Stickstoffoxide mitverantwortlich für die Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern. In der kalten Jahreszeit entsteht aus gasförmigen Stickoxiden und Ammoniak partikelförmiges Ammoniumnitrat. Dieses trägt zu einer großräumigen Belastung durch Feinstaub bei. Im Sommer bei hoher UV-Einstrahlung führen Stickstoffoxide zusammen mit flüchtigen organischen Verbindungen zur Bildung von Ozon und anderen Photooxidantien.

Flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)

Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) werden größtenteils durch die Verdunstung von Lösemitteln (in Farben, Lacken und Klebstoffen), aber auch von Treibstoffen sowie durch unvollständige Verbrennungsvorgänge freigesetzt. Diese Stoffgruppe ist vor allem aufgrund ihres Beitrags zur Bildung von Ozon und sekundärer organischer Partikel von Bedeutung.

Grobstaub

Grobstaubpartikelquellen sind z. B. Straßen- und Reifenabrieb, Streusplitt und -salz sowie Austrag von groben Rußablagerungen aus Diesellabgasleitungen. Ein Ferntransport (z. B. der Eintrag von Saharastaub in Österreich) ist möglich, meist aber setzen sich die Grobstaubpartikel aufgrund ihrer Masse in der Nähe der Straße wieder ab.

Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5})

Beim Feinstaub handelt es sich um feste oder flüssige Schwebstoffe in der Luft mit unterschiedlicher Zusammensetzung. PM₁₀ umfasst die Masse an Partikeln, die im Median kleiner als 10 µm, und PM_{2.5} jene, die kleiner als 2.5 µm im (Äquivalent-)Durchmesser sind. Je geringer die Größe der Feinstaubpartikel, desto länger ist die Verweilzeit in der Atmosphäre (Tage bis Wochen), wodurch ein Ferntransport bis zu 1.000 km möglich wird. Der Verkehr in Österreich trägt heute ca. zu 17 % zum Ausstoß von Feinstäuben bei (Umweltbundesamt, 2018). Untersuchungen haben gezeigt, dass auch die Splitt- und Salzstreuung durch den

Winterdienst sowie Reifen- und Bremsabrieb erheblich zur PM10-Belastung beitragen können. In den letzten Jahren wurde zunehmend ein Zusammenhang zwischen der Belastung durch Feinstaub und gesundheitlichen Auswirkungen aufgezeigt. Diese Auswirkungen reichen von (vorübergehenden) Beeinträchtigungen der Lungenfunktion bis zu zuordenbaren Todesfällen, vor allem aufgrund von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Darüber hinaus konnte für Feinstaub bislang keine Schwellenkonzentration abgeleitet werden, unter der keine Gefahr für die Gesundheit besteht. Das bedeutet, dass auch bei Konzentrationen unter den Grenzwerten mit gesundheitlichen Auswirkungen zu rechnen ist.

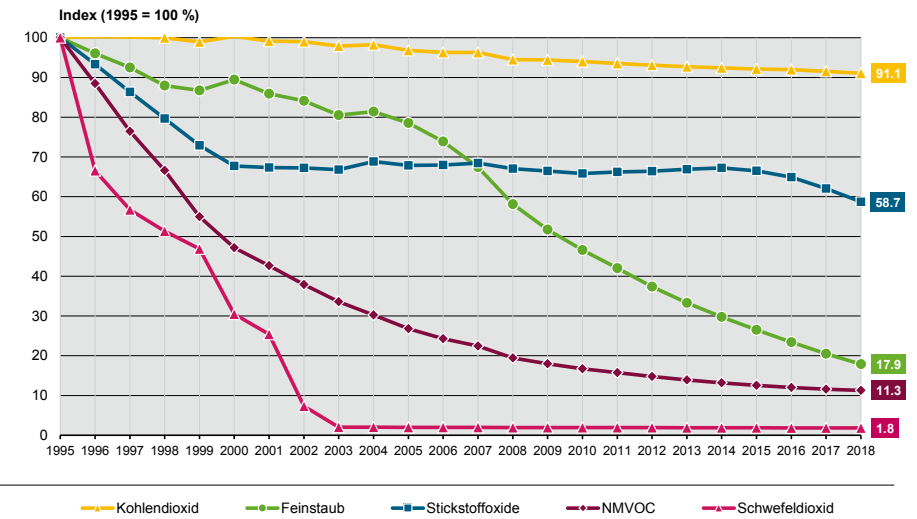
Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid entsteht hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen. Als Luftschadstoff ist CO vor allem aufgrund der humantoxischen Wirkung (Beeinträchtigung der Sauerstoffaufnahme Kapazität des Hämoglobins) von Bedeutung. CO spielt aber auch bei der photochemischen Bildung von bodennahem Ozon eine bedeutende Rolle. Eine besonders starke Emissionsreduktion wurde durch die Optimierung der Verbrennungsvorgänge sowie die Einführung des Katalysators im Verkehrssektor erreicht.

EMISSIONSENTWICKLUNG DES STRASSENVERKEHRS: EIN RÜCKBLICK AUF DIE LETZTEN ZWEI JAHRZEHNTE

Im Schnitt belastet der Straßenverkehr heute unsere Umwelt weniger als in der Vergangenheit. Dies hat vor allem zwei Gründe: Die Europäische Union hat stufenweise die Abgasvorschriften für neu zugelassene Personenkraftwagen (PKW) und Lastkraftwagen (LKW) mit Einführung der Euro-Abgasklassen ab dem Jahr 1992 verschärft, woraufhin die Hersteller ihre Motoren und Abgastechnik ständig verbesserten. Zum Zweiten wurde die Qualität des in Österreich und in Europa in Verkehr gebrachten Kraftstoffs verbessert. Der Treibstoff wurde so zum Beispiel in Österreich ab 1993 gesetzlich bleifrei (in der EU ab 2000) und schwefelfrei ab 2004 (in der EU ab 2005). Die Folge aller Maßnahmen ist, dass heute die spezifischen Emissionen an Schadstoffen pro gefahrenem Kilometer gegenüber 1995 deutlich gesunken sind. Wie aus Abb. 3 zu entnehmen ist, verringerten die strengen Vorschriften für die Kraftstoffqualität und höhere Emissionsstandards die Emissionen pro Personenkilometer (PKW) an Schwefeldioxid bis zum Jahr 2018 gegenüber dem Ausgangsniveau im Jahr 1995 um rund 98% und die von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) um etwa 89%. Die spezifischen Abgasmengen an Stickstoffoxiden (NOx) sanken im betrachteten Zeitraum um 41,3% und die der Feinstaub-Emissionen um 82%. Die Emissionsminderungen bei Stickstoffoxiden und Feinstaub sind überwiegend auf deutliche Verbesserungen beim Benzin-PKW durch die Einführung des Katalysators und den Einbau von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen zurückzuführen (Umweltbundesamt, 2018). In Österreich waren ab dem 1. Jänner 1988 Katalysatoren bei Neuzulassungen verpflichtend. Bei Diesel-PKW konnten die Stickstoffoxid-Emissionen durch technische Fortentwicklungen in Labormessungen zwar reduziert werden, sanken aber in der Realität nicht entsprechend, was schließlich zum „Abgasskandal“ im Jahr 2015 führte. Hier hatte die US-Umweltbehörde

Spezifische Emissionen PKW



Spezifische Emissionen LKW

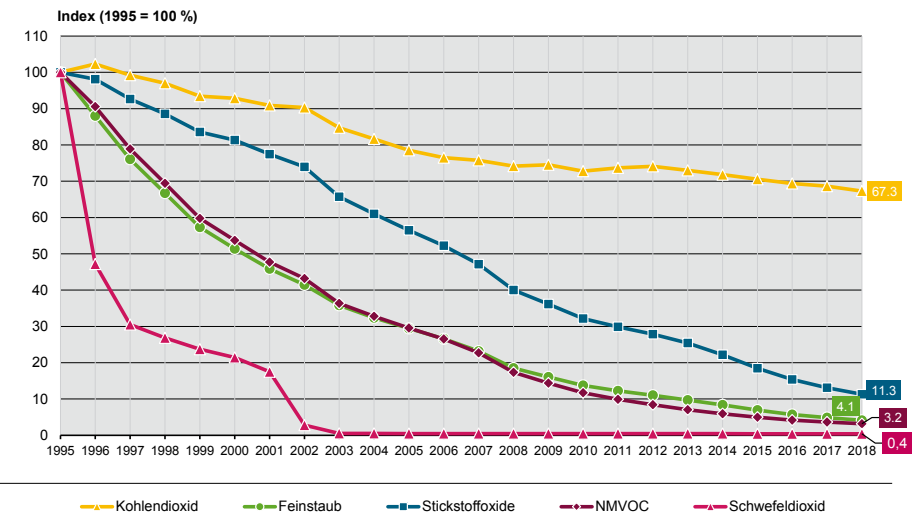


Abb. 3 Veränderungen der spezifischen Emissionen von PKW und LKW (direkte Emissionen/Verkehrsaufwand) zwischen 1995 und 2018 in Deutschland, welche auch für Österreich angenommen werden können. Basisjahr (= 100%) stellt das Jahr 1995 dar. Kohlendioxid = Treibhausgas, NMVOC = flüchtige organische Verbindungen ohne Methan. Foto: Umweltbundesamt 2021. Daten- und Rechenmodell TREMOD – Transport Emission Model, Version 6.03 (Stand 1/2020)

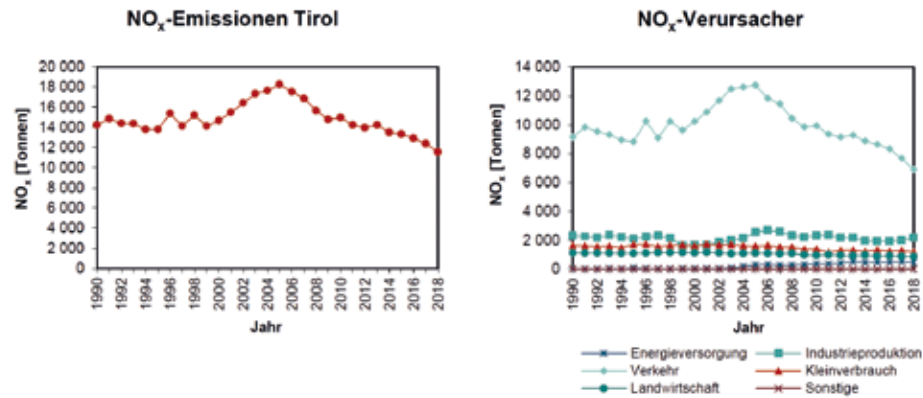


Abb. 4 Berechnete Massen an NO_x-Emissionen in Tirol im Zeitraum von 1990 bis 2018 und deren Aufteilung nach Verursachern (ohne Berücksichtigung des Kraftstoffexports). Foto: Umweltbundesamt (2020)

EPA festgestellt, dass in VW-Diesel-PKW eine Software zur Manipulation des NO_x-Ausstoßes bei Fahrprüfstandbedingungen eingebaut wurde. Eine in der Zwischenzeit erfolgte Fortentwicklung des EU-Rechts lässt nun in näherer Zukunft erwarten, dass auch beim Diesel-PKW durch eine wirksamere Abgasnachbehandlung die spezifischen Emissionen noch deutlich zurückgehen werden. Im LKW-Verkehr sind die spezifischen Emissionen pro Verkehrsaufwand (Tonnenkilometer) seit 1995 durch bessere Motoren, Abgastechik und eine bessere Kraftstoffqualität noch deutlicher gesunken als beim PKW (Abb. 3). Die Stickstoffoxid-Emissionen verringerten sich hier um mehr als 98 % im Vergleich zum Ausgangsniveau.

Der oben gezeigte Rückgang der spezifischen NO_x-Luftschadstoffemissionen von PKW und LKW müsste sich eigentlich auch in den jährlichen Gesamtemissionen des Verkehrs widerspiegeln. Jedoch kam es in Tirol bis zum Jahr 2006 zu einer weiteren Zunahme der NO_x-Schadstoffemissionen und erst dann zu einer kontinuierlichen NO_x-Emissionsminderung (siehe Abb. 4).

Dies ist damit zu erklären, dass die technisch bedingten Schadstoffsenkungen von PKW und LKW durch stetig steigende Verkehrszahlen bis zum Jahr 2006 (über-)kompensiert wurden. Seit Beginn der Verkehrszählungen bis zum Jahr 2019 hat das Verkehrsaufkommen in Tirol vor allem auf den Hauptverkehrsachsen der A12 und A13 stark zugenommen (vgl. Abb. 5). Ursachen für das Verkehrswachstum lassen sich unter anderem in den veränderten politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Europa finden. Freier Markt und Globalisierung resultieren in einer sprunghaften Zunahme internationaler Vernetzung von Wirtschaft, Handel und Dienstleistungen. Zunehmende Arbeitsteilung und Spezialisierung in der Produktion und der damit verbundene Warenaustausch erzeugen immer mehr Verkehr. Dazu kommt, dass Transportleistungen auf der Straße für den Auftraggeber so günstig sind, dass Lagerkapazitäten abgebaut werden können und häufigere und kleinteiligere Zulieferungen im Binnenverkehr und Transitverkehr möglich sind. Neben den wirtschaftlichen Ursachen stellen aber auch der zunehmende Wohlstand und die Perfektionierung der Straßensysteme

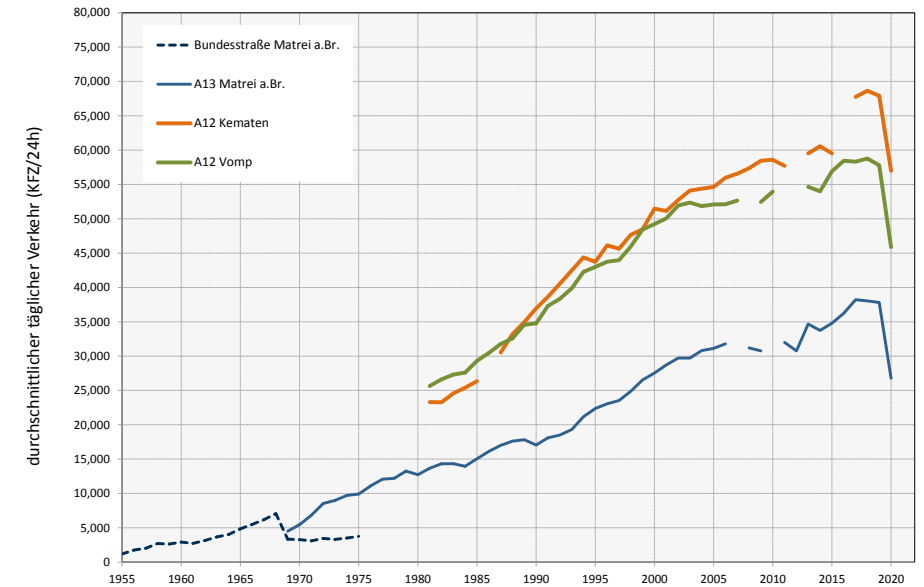


Abb. 5 Entwicklung des durchschnittlichen täglichen Gesamtverkehrs an ausgewählten Verkehrsmessstellen an der A12 und A13 in Tirol. Die Brennerautobahn bei Matrie am Brenner wurde 1969 eröffnet, weshalb die ersten Verkehrserhebungen ab 1955 an der Bundesstraße miteinbezogen wurden. Im Jahr 2019 passierten die Zählstelle „Kematen A12“ täglich durchschnittlich 63.600 PKW und 4.300 LKW, die Messstelle „Matrie a. Br. A13“ durchschnittlich 30.200 PKW und 7.600 LKW und die Zählstelle „Vomp A12“ 48.700 PKW und 9.100 LKW. Fotos: Waldbericht (1986), Verkehrsbericht (2020) bzw. ASFINAG online (2021)

{Steigerung von Geschwindigkeit und Komfort} die Basis für ein ständiges Wachstum des individuellen {Freizeit-}Verkehrs dar. Kurzzeitige Verkehrsrückgänge in den letzten Jahrzehnten lassen sich auf Ölpreiserhöhungen (Ölkrise 1979/1980, Golfkrieg 1990, Hurrikan Katrina 2005, Proteste in der arabischen Welt 2010/2011), die Folgen der Weltfinanz- und Wirtschaftskrise ab 2007 sowie Reisebeschränkungen während der Covid-19-Pandemie-Bekämpfung 2020 zurückführen.

RECHTLICHE BESTIMMUNGEN ZUR REDUKTION VON VERKEHRSBEDINGTEN LUFTSCHADSTOFFEN

Ziel der gesetzlichen Reduktion von Luftschadstoffemissionen ist die Verringerung von negativen Einflüssen der Schadstoffe auf die Menschen und die Vegetation. In Tirol wurden Anfang der 1980er-Jahre vermehrt Immissionsmessungen aufgrund des in Mitteleuropa beobachteten großflächigen „Waldsterbens“ durchgeführt (Bericht an den Tiroler Landtag, 1983). Der Straßenverkehr wurde damals schon – trotz eines viel geringeren Verkehrsaufkommens als heute – als Hauptverursacher für die Emissionen an NO_x und flüchtigen organischen Kohlenstoffverbindungen angesehen. Eine zunehmende Luftverschlechterung und Lärmbelastigung an den Hauptverkehrsachsen führten seit dem Jahr 1988 immer

wieder zu Autobahnblockaden durch Bürgerinitiativen und Umweltorganisationen auf der Transitroute Kufstein–Brenner. Aufgrund fehlender Bundesgesetze gab es jedoch keine verbindlichen (Langzeit-)Grenzwerte für Stickstoffoxide. Erst durch Vorgaben der Europäischen Union wurden Verkehrsmaßnahmen zur Luftreinhaltung und insbesondere zur Vermeidung von Grenzwertüberschreitungen von NO₂ und NO_x eingeführt. So wurden für die Mitgliedstaaten in der Luftqualitätsrahmenrichtlinie (Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität) und deren vier Tochterrichtlinien sowie der darauffolgenden Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG) unter anderem eine Verpflichtung zur Festlegung von Immissionsgrenzwerten für die wichtigsten Luftschadstoffe und auch Fristen für deren Einhaltung festgeschrieben. Diese finden sich in Österreich im Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L), BGBl I Nr 115/1997 in der geltenden Fassung. Dieses Bundesgesetz enthält die gesetzlichen Grundlagen für zahlreiche in Österreich erlassene Gebote und Verbote, worunter auch die bundeslandspezifischen Verordnungen in Tirol fallen (siehe Tab. 1).

IMMISSIONSBELASTUNG VON NO₂ UND NO_x AN TIROLER LUFTMESSSTELLEN

Immissionsmesswerte sind neben den Emissionen zusätzlich durch die jeweils vorherrschenden Ausbreitungsbedingungen, insbesondere durch die Windverhältnisse und die vertikale Temperaturschichtung, beeinflusst. Ein bestimmter Lastwagen mit einer konstanten Emission (was aufgrund von unterschiedlicher Straßensteigungen, Windverhältnissen und Fahrgeschwindigkeiten nie der Fall ist) produziert somit ganz unterschiedliche Beiträge zur Luftschadstoffkonzentration, je nachdem, in welcher Landschaft und unter welchen meteorologischen Bedingungen er fährt. Dies führt in Tirol, wie bereits erwähnt, aufgrund der ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen im Vergleich zum Flachland bei gleicher Emission zu höheren Immissionsbelastungen. In Abb. 6 ist die Entwicklung der NO₂- und NO_x-Belastung von hoch belasteten Messstellen in Tirol für die Jahre 1989 bis 2020 dargestellt, sofern für diesen Zeitraum Daten zur Verfügung standen. Die Messreihe an der Messstelle Innsbruck Fallmerayerstraße zeigt deutlich, dass die NO_x- und NO₂-Belastungen zwischen 1989 und 1996 durch die gesetzlich vorgeschriebene Einführung des Abgas-Katalysators im Jahre 1989 generell abnahmen. Zwischen 1996 und 2006 stiegen jedoch die Stickstoffoxidimmissionen an den drei gezeigten Messstellen wieder an, sodass der EU-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg NO₂/m³ in der Mehrzahl der Jahre bzw. regelmäßig überschritten wurde (Umweltbundesamt 2007). Im Jahre 2006 wurde der bisher höchste NO₂-Jahresmittelwert von 76 µg/m³ an der Messstelle Vomp/Raststätte, gefolgt von 53 µg/m³ an der Messstelle Mutters/Gärberbach und 52 µg/m³ an der Messstelle Innsbruck Fallmerayerstraße ermittelt. Die Messstelle Vomp/Raststätte war damals die höchst belastete Messstelle in Österreich.

Seit dem Jahr 2006 gingen auch die Immissionen von NO_x und NO₂ durch die technischen Verbesserungen bei den Kraftfahrzeugen sowie die Maßnahmen der Politik zur Luftreinhaltung an den Messstellen zurück. Das verminderte Verkehrsaufkommen im Jahr 2020 aufgrund der Covid-19-Pandemie-Bekämpfung führte zum ersten Mal in der Geschichte sogar

| Jahr | Verordnung |
|-------------|---|
| 2002 | IG-L-Nachtfahrverbot für Schwerfahrzeuge auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn |
| 2004 – 2007 | Verordnung über Maßnahmen für Baumaschinen und Baustellengeräte mit Verbrennungsmotoren beim Einsatz in bestimmten Gemeinden Tirols (Innsbruck und das Inntal) |
| 2005 – 2007 | 2 Verordnungen über Maßnahmen für Baumaschinen und Baustellengeräte mit Verbrennungsmotoren beim Einsatz in bestimmten weiteren Gemeinden Tirols (Lienz Talkessel und Tiroler Oberland) |
| 2006 | Neuerliche Verordnung des IG-L-Nachtfahrverbots für Schwerfahrzeuge auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn, wobei Fahrzeuge bestimmter Euroklassen vom Fahrverbot ausgenommen wurden |
| 2006 | Fahrverbot für bestimmte schadstoffreiche Schwerfahrzeuge (Euroklasse 0 und I) auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn |
| 2007 | Einführung einer flächendeckenden Section Control bzw. Durchführung von konsequenten Verkehrskontrollen am Autobahnnetz (z. B. digitale Radarüberwachung) |
| 2007 | Immissionsabhängige Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h entlang der A12 Inntalautobahn |
| 2008 – 2012 | Sektorales Fahrverbot auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn (Fahrverbot für den Transport bestimmter bahnaffiner Güter) |
| 2010 | Verschärfung des IG-L-Nachtfahrverbots für Schwerfahrzeuge auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn (Einschränkung der Ausnahme auf Fahrzeuge der Euroklassen V und VI) |
| 2014 | Permanente Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h auf Teilabschnitten der A12 Inntalautobahn und der A13 Brennerautobahn |
| 2016 | Verschärfung der Euroklassenfahrverbote für bestimmte schadstoffreiche Schwerfahrzeuge (Euroklassen 0 bis IV) auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn |
| 2016 | Verschärfung des IG-L-Nachtfahrverbots für Schwerfahrzeuge auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn (Einschränkung der Ausnahme auf Fahrzeuge der Euroklasse VI bis Ende 2020) |
| 2016 | Neuerliche Verordnung des Sektorales Fahrverbots (Fahrverbot für den Transport bestimmter bahnaffiner Güter) auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn |
| 2019 | Verschärfung der bestehenden Euroklassenfahrverbote für bestimmte schadstoffreiche Schwerfahrzeuge (Euroklassen 0 bis V) auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn |
| 2019 | Verschärfung des bestehenden Sektorales Fahrverbots auf einem Teilabschnitt der A12 Inntalautobahn (Erweiterung der Verbotsgüterliste und Streichung der generellen Ausnahme für Fahrzeuge der Euroklasse VI) |

Tab. 1 Verordnungen des Landeshauptmanns von Tirol zur unionsrechtlich geforderten raschestmöglichen Grenzwerteinhaltung von verkehrsinduzierten Luftschadstoffen ab dem Jahr 2002. (Für eine vollständige Auflistung sämtlicher ab dem Jahr 2007 den Verkehr betreffenden Maßnahmen wird auf das PROGRAMM NACH § 9A IG-L FÜR DAS BUNDESLAND TIROL aus dem Jahr 2007 sowie auf das aktuelle NO₂-PROGRAMM NACH §9A IG-L FÜR DAS BUNDESLAND TIROL aus dem Jahr 2016 verwiesen.)

dazu, dass der EU-Grenzwert für NO₂ an allen Tiroler Luftmessstellen eingehalten werden konnte (Abt. Waldschutz 2021).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sich die unterschiedlichen jährlichen Abnahmen der Immissionskonzentrationen durch die unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen in den Untersuchungsjahren erklären lassen. So führten ungünstige Ausbreitungsbedingungen in den Jahren 2006 und 2011 zu höheren NO_x-Belastungen und günstige in

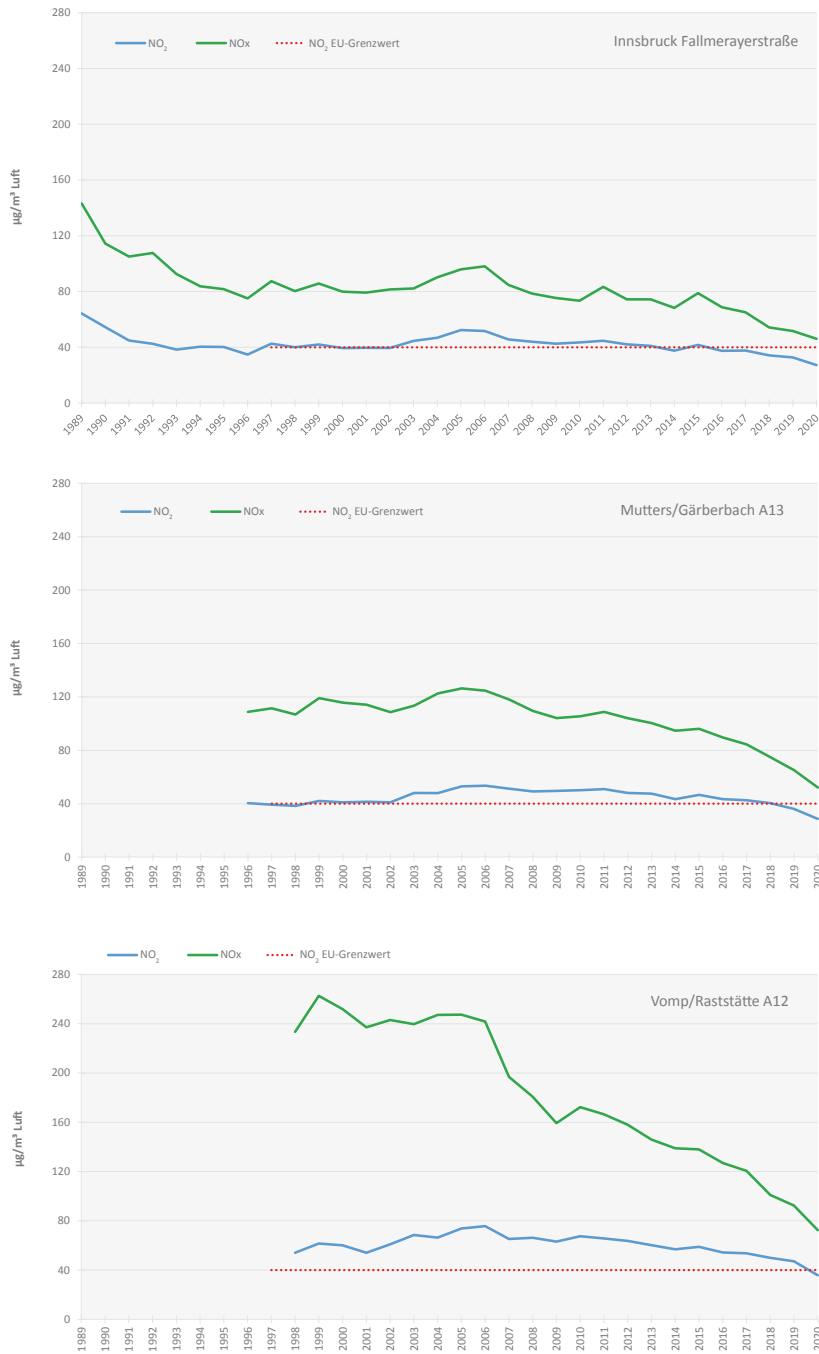


Abb. 6 Entwicklung der jährlichen Durchschnittskonzentrationen an NO₂ und NO_x an den (ehemals) hochbelasteten Immissionsmessstellen der Abt. Waldschutz im Amt der Tiroler Landesregierung. Die Messstellen Vomp/Raststätte A12 und Mutters/Gärberbach A13 befinden sich innerhalb von 10 m Abstand zur Autobahn und präsentieren die Immissionsbelastung durch Verkehr, während die Messstelle Innsbruck Fallmerayerstraße die Immissionsbelastung im städtischen Gebiet erfasst. Die Differenz zwischen NO_x und NO₂ ist NO.

den Jahren 2007, 2012, 2013 und 2014 zu niedrigeren Belastungen (Umweltbundesamt 2016). In Abb. 6 ist auch ein Annähern der gemessenen NO₂- und NO_x-Konzentrationen im Laufe der Zeit und somit ein Rückgang der NO-Emissionen deutlich erkennbar. Dieser kann auf die Einführung von Abgasnachbehandlungssystemen bei Dieselfahrzeugen zurückgeführt werden.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Bemühungen zur Reinhaltung der Luft der letzten Jahrzehnte haben bereits zu erheblichen Reduktionen von Luftschadstoffen trotz stetig wachsenden Verkehrsaufkommens geführt. Es scheint, dass der Höhepunkt an verkehrsinduzierten Stickoxidemissionen bereits hinter uns liegt und die Grenzwerte an den verkehrsnahen Messstellen in naher Zukunft durch verbesserte Abgasbehandlungen im Transport- und Individualverkehr sowie durch wirkungsvolle Maßnahmen der Politik auch langfristig eingehalten werden können. Grenzen einer stetig wachsenden Mobilität sind jedoch die zunehmenden Lärmimmissionen, die bald erreichten Kapazitäten im höheren Straßennetz (Autobahnen, Schnellstraßen) sowie die Begrenzung des global stetig zunehmenden Kohlendioxidausstoßes aufgrund der Klimakrise. Die Verbesserung und der Ausbau des öffentlichen Verkehrs und des Schienengüterverkehrs müssen den Drang nach steigender Mobilität wohl zukünftig in einem höheren Maße befriedigen. Für den Straßenverkehr verfügt die Elektromobilität (mit Speichertechnik Batterie oder Wasserstoff) aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz über das größte Potenzial, zahlreiche negative Auswirkungen des Straßenverkehrs zu reduzieren.

Referenzen

- ASFINAG online 2021. url: <https://www.asfinag.at/verkehr/verkehrszaehlung/> (Zugriff: 15.3.2021).
- Abt. Waldschutz 2021. Luftgüte in Tirol. Jahresbericht über das Jahr 2020. Amt der Tiroler Landesregierung.
- Bericht an den Tiroler Landtag, 1983. Zustand der Tiroler Wälder, Hg. Landesforstdirektion, Oktober 1983.
- Defant, F., 1949. Zur Theorie der Hangwinde, nebst Bemerkungen zur Theorie der Berg- und Talwinde. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie Serie A, 1, S. 421–450.
- EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. OJ L 152, 11.6.2008, S. 1–44.
- Monitraf, 2007. Verkehr durch die Alpen. Entwicklungen, Auswirkungen, Perspektiven. Haupt Verlag, S. 112.
- Sonderbericht Luftverschmutzung, 2018. Unsere Gesundheit ist nach wie vor nicht hinreichend geschützt. EUROPÄISCHER RECHNUNGSHOF, LUXEMBURG, ISBN 978-92-847-0637-2, S. 13.
- Umweltbundesamt, 2007. PROGRAMM NACH § 9A IG-L FÜR DAS BUNDESLAND TIROL. Erstellt vom Umweltbundesamt im Auftrag des Amtes der Tiroler Landesregierung, S. 43.
- Umweltbundesamt, 2016. NO₂-PROGRAMM NACH §9A IG-L FÜR DAS BUNDESLAND TIROL Überarbeitung 2016. Erstellt im Auftrag und unter Mitwirkung des Amtes der Tiroler Landesregierung.
- Umweltbundesamt, 2018. ANALYSE DER FEINSTAUB-BELASTUNG 2009–2017. Im Auftrag der Plattform Saubere Luft. Report, REP-0646, Wien 2018.
- Umweltbundesamt, 2020. Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2018. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2020), Report REP-0746, S. 190.
- Umweltbundesamt, 2021. url: www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher (Zugriff: 20.3.2021).
- Verkehrsbericht 2020. Verkehr in Tirol. Bericht 2019. Sachgebiet Verkehrsplanung im Amt der Tiroler Landesregierung. Anlagen 2, 3, 4.
- Waldbericht 1986. Zustand der Tiroler Wälder. Bericht an den Tiroler Landtag 1986 über das Jahr 1985. Landesforstdirektion, Innsbruck, S. 161.
- Wetter und Klima, 1989. Wie funktioniert das? Wetter und Klima. Ahlheim, K.-H. [Hg.], Meyers Lexikon Verlag.

ZUR PUBLIKATION

Die Publikation erscheint anlässlich der Ausstellung
GEHEN – FAHREN – REISEN. MOBILITÄT IN TIROL

Museum im Zeughaus, Innsbruck
13. Mai – 3. Oktober 2021

HERAUSGEBER*INNEN

Peter Assmann, Claudia Sporer-Heis

AUTOR*INNEN

Sonia Buchroithner

Hannes Gründhammer

Hubert Held

Anton Höck

Georg J. Lair/Walter Egger/Andreas Krismer/Lukas Czakert/Christian Schwaninger

Maria Moser

Meinhard Neuner

Wolfgang Sölder

Claudia Sporer-Heis

KORREKTORAT

Astrid Flögel

GRAFIK

Constanze Moll

PRODUKTION

Sterndruck, Fügen

IMPRESSUM

Herausgeber

Peter Assmann / Claudia Sporer-Heis

Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft m.b.H.

© 2021 Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft m.b.H.

Künstler, Autoren und Fotografen

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwertung der Texte und Bilder, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt auch für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Verarbeitung mit elektronischen Systemen. Für den Inhalt der einzelnen Beiträge sowie die Bildrechte sind die Autoren verantwortlich.

Umschlag: Lisa Saxl

Bildbearbeitung und Satz: Constanze Moll

Druck: Sterndruck, Fügen

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlor- und säurefrei gebleichtem Papier.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-900083-92-2

Manche Autor*innen verzichten auf die Verwendung geschlechtergerechter Formulierungen. Die ausschließliche Verwendung der männlichen Form soll geschlechtsunabhängig verstanden werden.