

Randbemerkung zum Tempoversuch A1 Salzburg 2013/14

Fehler sollten nicht, können aber leider immer wieder vorkommen. Es würde der Sache im Sinne einer Erhärtung dienen, wenn die hier gemachten Auswertungen und Aussagen von einer Drittperson verifiziert würden.

Laut dem Bericht «Deutlicher Rückgang bei Stickoxiden durch Tempo 80» der Salzburger Landeskorrespondenz vom 12. Juni 2014 hat sich durch die auf der A1 Stadtautobahn vom 20.02. bis 19.05.14 angeordnete Geschwindigkeitsreduktion von 100 auf 80 km/h eine mittlere Schadstoffreduktion von 6 – 7 Prozent NOx ergeben [1]. Eine etwas detailliertere Auswertung der Messungen zeigt indessen, dass dieses Resultat nicht so eindeutig ist, wie angegeben wird. Für eine stichhaltige Aussage müsste die Tempo 80-Periode bedeutend länger und die jahreszeitlichen Wetterbedingungen während beiden Messperioden nicht allzu verschieden sein. Werden ausserdem die unterschiedlichen Verkehrsaufkommen vor und während der Tempo 80-Periode berücksichtigt, ist der Tempo 80-Versuch eher als Fehlschlag denn als klarer Erfolg anzusehen.

Einleitung

Es ist unbestritten, dass niedrigere Tempi im Strassenverkehr zu weniger Lärm, weniger Treibstoffverbrauch und weniger **Emissionen** führen. Es stellt sich aber die Frage nach der Verhältnismässigkeit und damit primär nach dem zu erwartenden Erfolg einer Geschwindigkeitsreduktion seitens der **Immissionen**.

Zu berücksichtigen ist in diesem Fall, dass mit den Lkws und leichten Nutzfahrzeugen (LNZ) ab 3.5 Tonnen grosse NOx-Emittenten auf der Autobahn von einer Tempobegrenzung von 100 auf 80 km/h kaum betroffen sind, da sie eh nicht schneller fahren dürfen resp. dürften. Vor allem in schlecht durchlüfteten Gebieten (Stadt) und bei generell vielen NOx-Emittenten (Industrie, Gewerbe, Strassenverkehr, Heizkraftwerke, Müllverbrennung, Flughafen usw.) beeinflussen zudem ein paar kg weniger NOx-Emissionen pro Tag und km die Immissionswerte prozentual nicht gross.

Je nach Wetter bewirken Emissionen unterschiedliche grosse Immissionen. Dieser Weterinfluss ist numerisch nicht einmal halbwegs erfassbar. Man behilft sich daher mit dem Vergleich der Messwerte mit denen einer nicht allzu weit entfernten **Referenzstation** in möglichst gleicher Höhenlage und ähnlichen Emissionsverhalten. Das ist in diesem Fall die Autobahnmessstation A10 Hallein.

Ein solcher Wetterabgleich ist wegen unterschiedlichen Hintergrundbelastungen - beispielsweise durch temperaturabhängigen NO2-Eintrag aus Heizungen - zusätzlich problematisch, behindert das doch die Erkennung von geringen, emissionsseitigen Veränderungen. Erschwerend auch, wenn die Werte gleich von beiden Messstationen direkt von Emissionen beeinflusst werden, so wie die praktisch am Strassenrand stehenden Messstellen an der Versuchsstrecke A1 und an der Referenzstrecke Hallein A10.

Solche Messwerte sind ferner für die menschliche Gesundheit von geringer Relevanz, zumal kaum ein Wohngebäude so nahe an der Autobahn steht wie die Messstationen. Oder anders gesagt, wenn am Rande der Autobahn keine **deutliche** Verbesserung als Folge der Geschwindigkeitsbegrenzungen auszumachen ist, kann eine solche in den für die Gesundheit relevanten Gebieten nicht erwartet werden.

Am Strassenrand erhobene Messwerte dürfen zudem gemäss den einschlägigen EU-Richtlinien gar nicht zum Grenzwertvergleich mit der EU herangezogen werden. Man stelle sich einmal vor, die Messstation werde noch ein paar Meter näher zur Fahrbahn aufgestellt oder nahe einer Beschleunigungsspur: Obschon die Werte dann noch höher sind, ist das auf die menschliche Gesundheit andernorts belanglos.

Verbrennungsmotoren emittieren üblicherweise vor allem **Stickstoffmonoxid** (NO), welches sich in Luft relativ rasch in das wesentlich schädlichere **Stickstoffdioxid** (NO₂) umwandelt. **Stickoxide** (NO_x) nennt man die einheitenbereinigte Summe von NO und NO₂.

Es ist zwar vertretbar, das Resultat eines Tempoversuches auf der Basis von NO_x auszuweisen. So werden die Veränderungen der gesamten Stickoxid-Emissionen erfasst, ohne Umwandlungsraten NO zu NO₂ berücksichtigen zu müssen. Für NO und NO_x existieren allerdings keine Grenzwerte.

Auswertung nach Mittelwerten

Entsprechend den offiziellen Verlautbarungen werden hier ebenfalls die Stickoxide NO_x, d.h. die Summe von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) betrachtet. Wenn Wertangaben auf Nachkommastellen erfolgen, soll damit weniger eine nicht vorhandene Genauigkeit vorgetäuscht, sondern Rundungsfehler vermieden werden. Für die hier vorliegenden Messungen ist übrigens von einer Messungenauigkeit von je ein paar Prozent auszugehen.

Wie stark das Wetter (vertikaler Temperaturgradient, [Lokal-]Wind, Niederschlag) die Immissionswerte beeinflusst, ist aus Bild 1 ersichtlich: Obschon das Verkehrsaufkommen an der A1 sowie auch an der A10 und damit die jeweiligen Emissionen von Montag bis Freitag ähnlich sein dürften, **schwanken die Immissionswerte selbst im Tagesmittel stark**, jedoch ungefähr im gleichen Ausmass. Die bedeutend emissionsärmeren Sonntagsmittel wirken sich als Folge des Wettereinflusses nur teilweise in klar tiefere Immissionswerte aus.

Anschaulicher werden die grossen Schwankungen der Immissionswerte an der A1 und A10, wenn die prozentuale Differenz der NO_x-Tagesmittelwerte als Zeitreihe dargestellt wird (Bild 2). Wäre der Wettereinfluss vernachlässigbar und das Verkehrsaufkommen identisch, müsste sich eine annähernd horizontale Kurve ergeben, die sich nach Umstellung auf Tempo 80 an der A1 auf eine andere Höhe einstellen sollte. Wie Bilder 1 und 2 zeigen, ist die für eine halbwegs gesicherte Aussage notwendige Wettersynchronisation jedoch **dürftig**, aber besser als nichts.

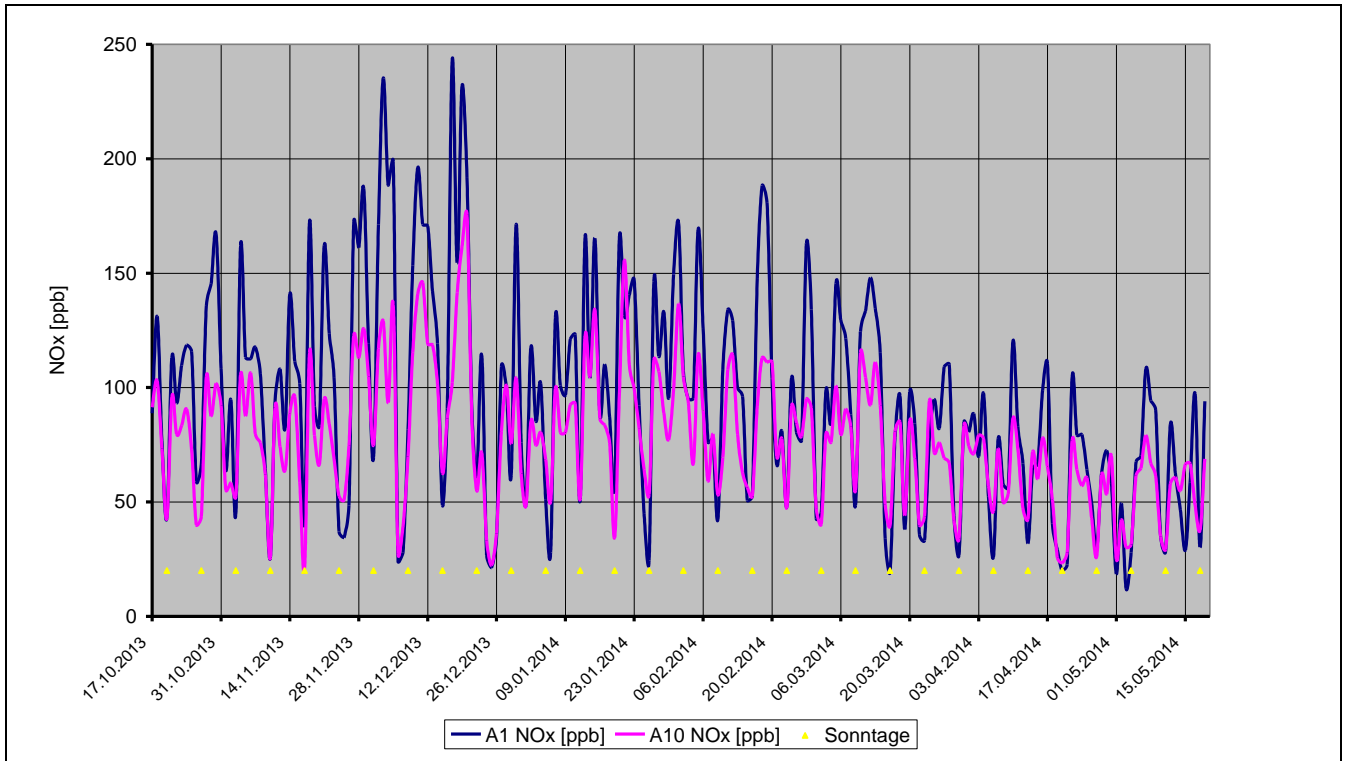


Bild 1: Zeitreihe der Tagesmittelwerte NOx A1 und A10 (A1 bis 19.02.2014 Tempo 100, ab 20.02.2014 Tempo 80).

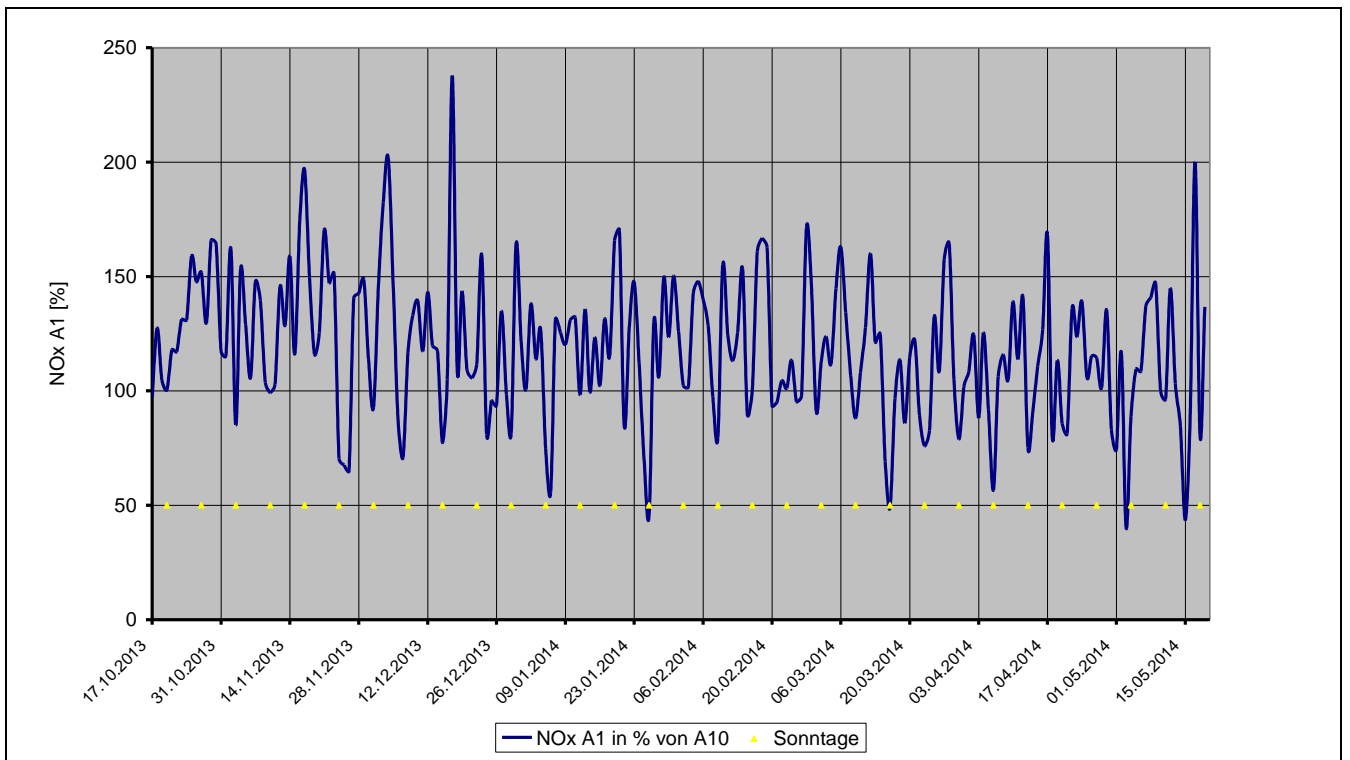


Bild 2: Zeitreihe NOx A1 in Prozent von A10 (= 100 %). Ein Einfluss durch das Temporegime ist auf den ersten Blick kaum erkennbar.

Werden die Tagesmittelwerte – getrennt nach Tempo 100- und Tempo 80-Phase - im xy-Diagramm aufgetragen (Bild 3), wird sowohl die Qualität der Wechselbeziehung zwischen A1 und A10 in Form des Bestimmtheitsmasses R^2 der Regressionsgeraden als auch die Auswirkung von Tempo 80 auf der A1 erkennbar.

Im Vergleich mit der A10 ergibt Tempo 80 auf der A1 **bei den gegebenen Versuchsbedingungen** etwas tiefere NOx-Werte. Eine direkte Aussage zur Ursächlichkeit kann nicht gemacht werden. Dieses Resultat ist zudem mit dem Makel behaftet, dass bei Tempo 80 auf der A1 durchwegs keine hohen NOx-Werte gemessen wurden.

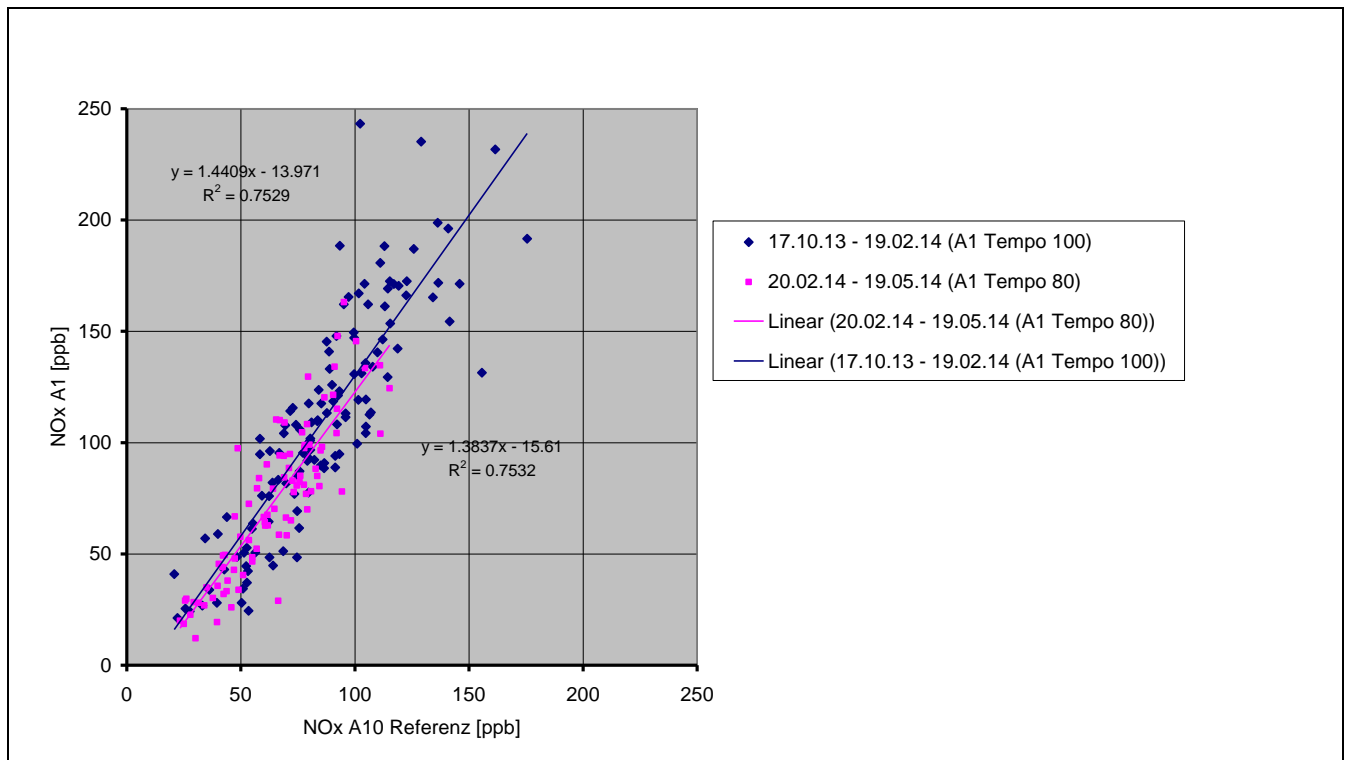


Bild 3: Korrelation der NOx-Tagesmittel von der Autobahn A10 (Referenz) und der Autobahn A1, getrennt nach Temporegime.

Dasselbe in Zahlen: Unter der Voraussetzung eines gleich gebliebenen Verkehrsaufkommens (und somit ansonsten vergleichbaren Emissionen) sowie einem einigermaßen synchronen Verlauf der Immissionen in Funktion gleichen Wetters haben sich die NO_x-Werte an der **Referenzstation** A10 von der ersten zur zweiten Periode wetterbedingt um 21.3 ppb, das sind rund 25 Prozent, vermindert (Tabelle 1 und Bild 4, Werte ungerundet). An der A1 nahmen die NO_x-Werte von der ersten zur zweiten Periode mit Geschwindigkeitsreduktion auf Tempo 80 dagegen um 36.1 ppb ab, das sind rund 33 Prozent. In erster Näherung könnte man folglich schliessen, dass an der A1 der Einfluss der Begrenzung auf Tempo 80 ein Rückgang von etwa 8 Prozent (33 minus 25 Prozent) ergeben hat.

	A10 Hallein (Referenz) NO _x [ppb]	A1 Stadtautobahn NO _x [ppb]
17.10.2013 bis 19.02.2014	85.6	109.5 (Tempo 100)
20.02. bis 15.05.2014	64.3	73.4 (Tempo 80)
Rückgang oder in Prozent	21.3 25 %	36.1 33 %

Tabelle1: NO_x-Mittelwerte nach Temporegime

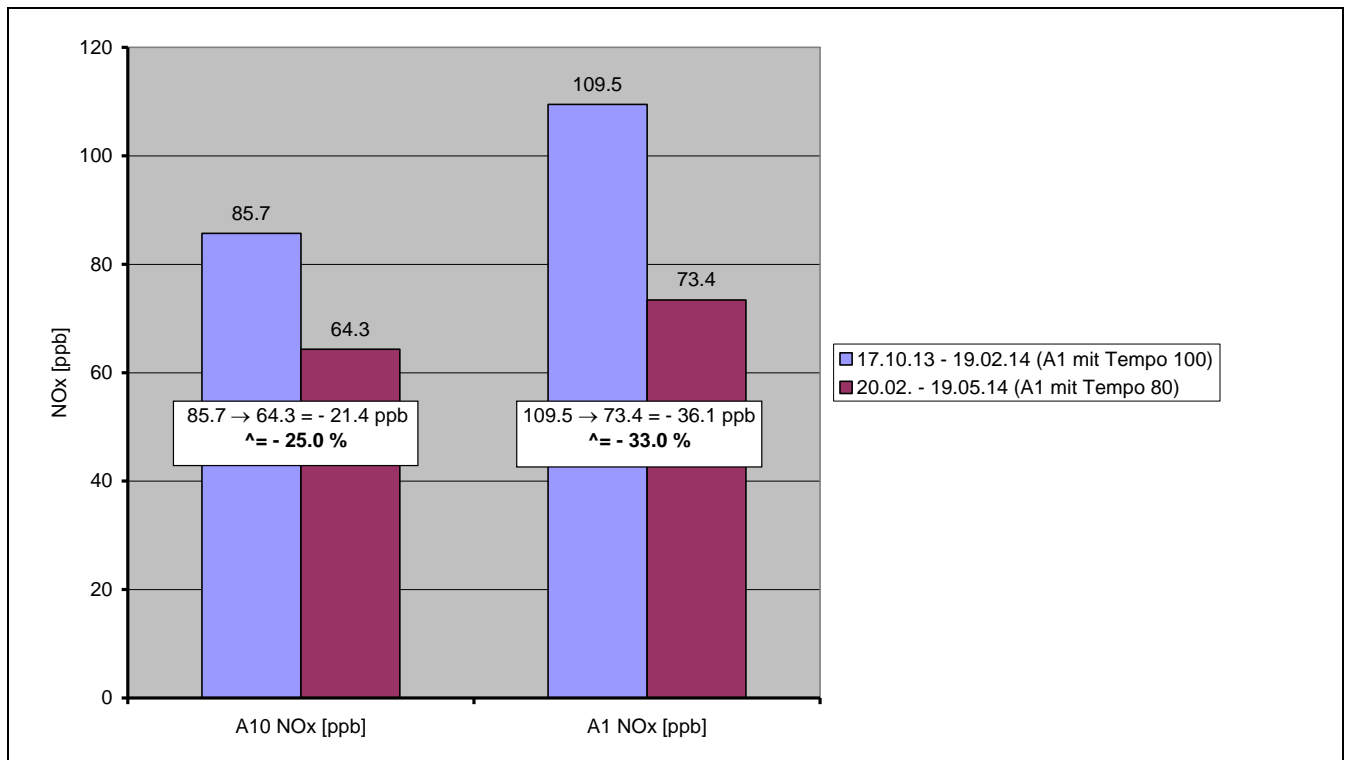


Bild 4: NO_x-Mittelwerte nach Temporegime

Laut dem amtlichen Bericht wurden auf der A1 während der Tempo 80-Phase Zunahmen von 2 Prozent des Leichtverkehrs und 9 Prozent des Schwerververkehrs gegenüber der Tempo 100-Phase registriert. Auf der A10 stieg dementsprechend das Verkehrsaufkommen um ganze 7 Prozent beim Leichtverkehr resp. sogar 17 Prozent beim Schwerverkehr. Diese überproportionale Verkehrszunahme auf der A10 (während Tempo 80 auf der A1) hat mit Blick auf Tabelle 1 (und Bild 4) insofern Auswirkungen, als der prozentuale NOx-Rückgang auf der A1 bei gleich gebliebenem Verkehrsaufkommen **etwas grösser**, auf der A10 hingegen **deutlich grösser** ausfallen würde. Dadurch wird die (den Erfolg von Tempo 80 ausdrückende) Differenz zwischen den beiden NOx-Reduktionen kleiner.

Betrachtet man die durch eine zusätzliche Mittelung gedämpfte Zeitreihe aus dem amtlichen Bericht, scheint die **Differenz** der Immissionswerten A1 zu A10 indes stark von der Höhe der Immissionswerte an der A1 abhängig zu sein. Wird die Zeitreihe in Periode A (hohe Werte an der A1), in Perioden B (mittlere Werte A1) und Perioden C (eher tiefere Werte A1) eingeteilt, drängt sich sogar die Vermutung auf, dass weniger das Tempo 80-Regime auf der A1 als eher die wetterbedingten Verteilungs- und Verdünnungsmechanismen als kausal anzusehen sind. Man vergleiche beispielsweise die beiden Perioden C mit ähnlichen geringen Differenzen (erste Periode C mit Tempo 100, zweite Periode C mit Tempo 80) oder die erste Periode B (Tempo 100) mit dem letzten Teil der zweiten Periode B während Tempo 80 auf der A1.

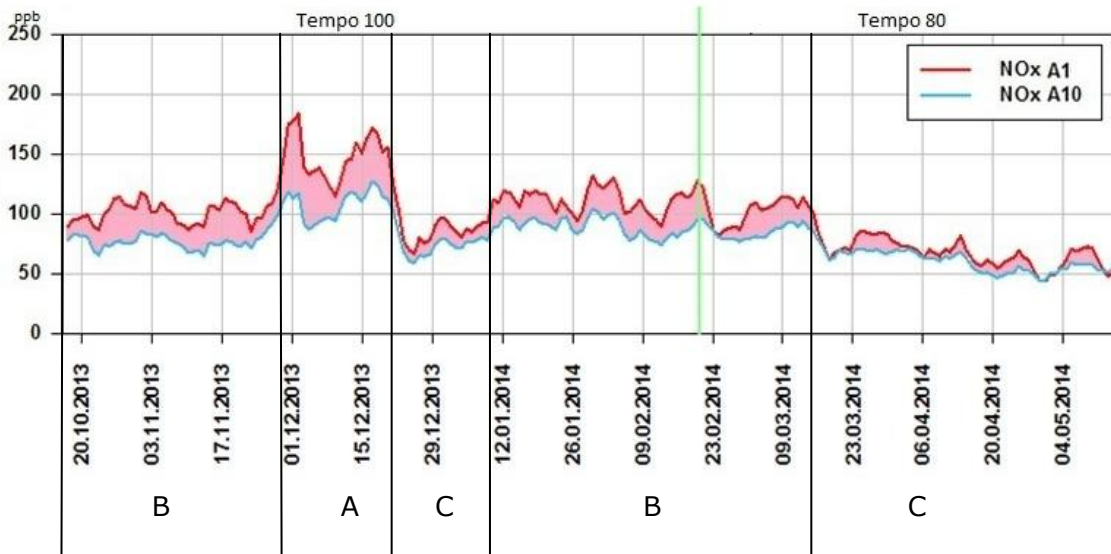


Bild 5: Gedämpfte NOx-Zeitreihe aus dem offiziellen Bericht

Entsprechende Korrelationsrechnungen bestätigen den obigen visuellen Eindruck, was bei dieser schmalen Datenbasis allerdings auch nicht allzu viel zu bedeuten hat.

Wie schwierig verlässliche Aussagen bei einem kleinen Datenkollektiv zu erarbeiten sind, zeigt Bild 6. Als extremes Beispiel wird die Phase 22.12.13 bis 11.01.14 (Tempo 100 auf der A1) mit der Phase 20.02. bis 15.03.14 (Tempo 80 auf der A1) verglichen. Bei der Tempo 100-Phase waren die NO_x-Immissionen an der A1 um 19.1 Prozent höher als an der A10 (siehe gelber Balken). Bei der Tempo 80-Phase waren die NO_x-Immissionen an der A1 dagegen um 19.9 Prozent höher als an der A10. Mit andern Worten, auf der A1 sind die NO_x-Immissionswerte **«als Folge von Tempo 80»** nicht gesunken, sondern geringfügig **gestiegen**.

Oder als anderes Extrem, es wird die Phase vom 30.11. bis 21.12.13 (Tempo 100 auf der A1) mit der Phase vom 16.03. bis 19.05.14 (Tempo 80 auf der A1) verglichen. Bei der Tempo 100-Phase waren die NO_x-Immissionen an der A1 um 32.8 Prozent höher als an der A10 (siehe gelber Balken). Bei der Tempo 80-Phase waren die NO_x-Immissionen an der A1 jedoch lediglich 11.1 Prozent höher als an der A10. Das heisst, **«als Folge von Tempo 80»** sind die NO_x-Immissionswerte auf der A1 massiv gesunken, je nach Bezug im zweistelligen Prozentbereich.

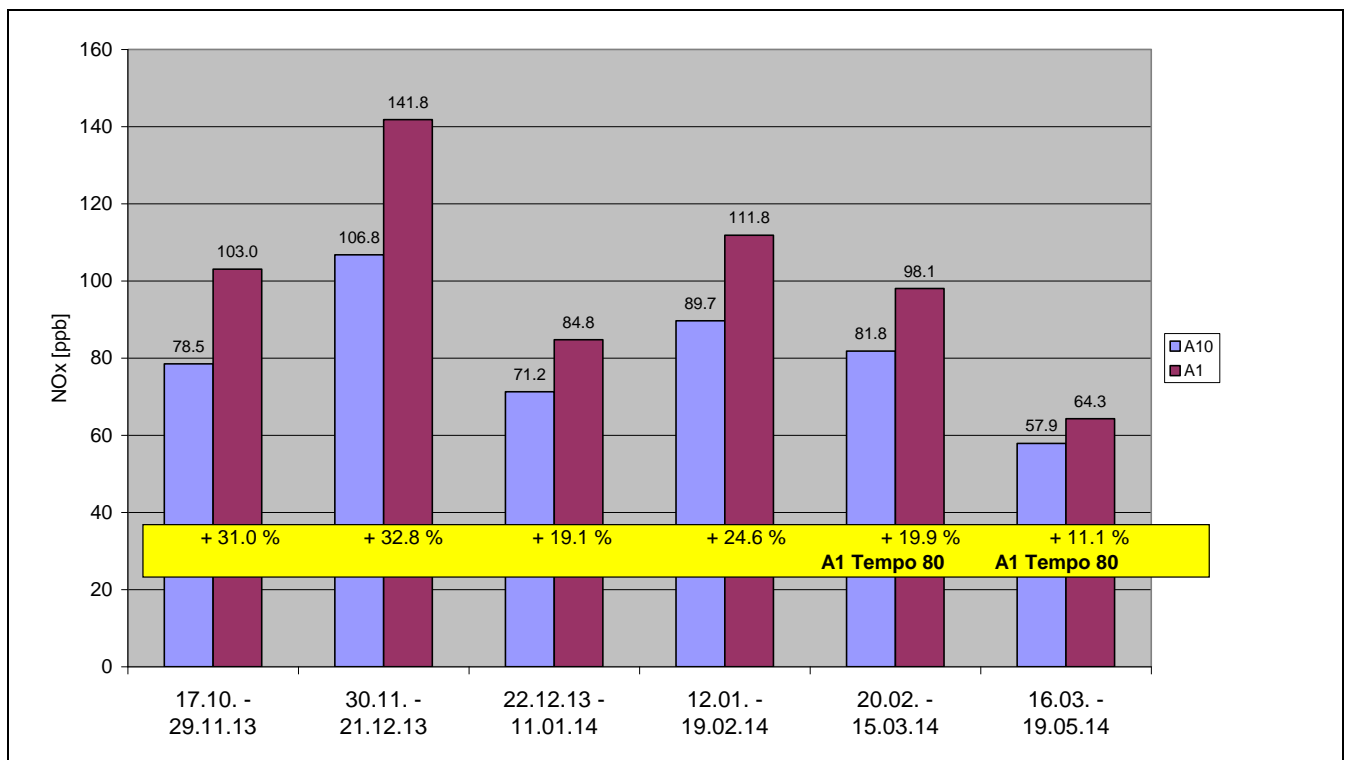


Bild 6: NO_x-Mittelwerte verschiedener Zeitabschnitte an der A1 und der A10. Im gelb hinterlegten Balken sind die Differenzen von der A10 zu der A1 aufgeführt (A10 als Referenz jeweils 100 Prozent).

Auswertung von Tagesgängen

In den beiden praktisch identischen Berichten [1, 2] wird zwar auf den wetterbedingt notwendigen Vergleich der A1-Daten mit denen der Referenzmessstelle A10 Hallein hingewiesen. Mit der in [2] direkt anschließenden Abbildung (siehe Bild 7) wird dem Leser dieser unabdingbare Vergleich jedoch vorenthalten und ihm statt dessen ein im Sinne der Erwartungen optisch zwar überzeugender, aber ohne Berücksichtigung des unterschiedlichen Wetters völlig **wertloser** Vergleich der Tagesgänge angeboten.

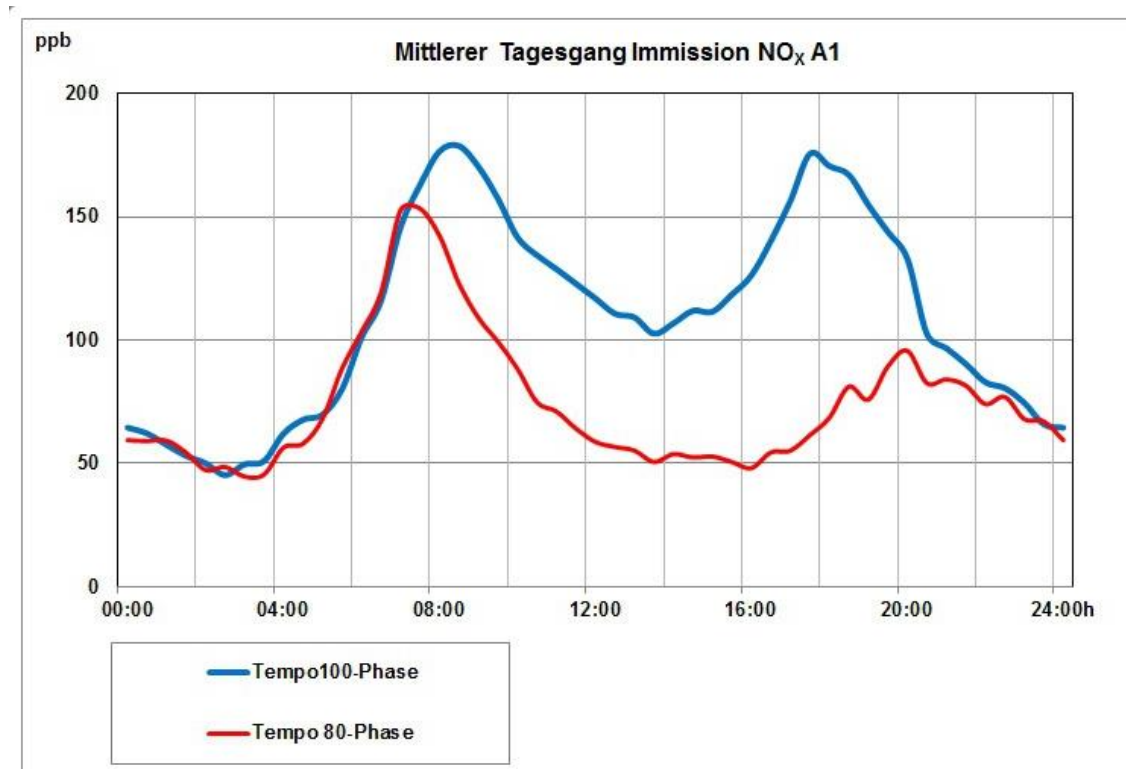


Bild 7: Tagesgang der NO_x-Immissionen an der A1, getrennt nach Temporegime.

Wie Bild 8 zeigt, sind die NO_x-Tagesgänge an der A10 denen an der A1 nach Bild 7 ähnlich, auch wenn die A10 vom Tempolimit 80 nicht betroffen war. Die Werte an der A10 sind insgesamt etwa 30 Prozent tiefer. Die Spitzen am Morgen sind sowohl an der A1 als auch an der A10 während der Tempo 80-Phase an der A1 um eine Stunde vorverschoben, siehe Bilder 7 und 8. Ursache ist einerseits das früher einsetzende Verkehrsaufkommen als Folge der **Winter-/Sommerzeit-Umstellung** sowie andererseits die Luftschichtung bzw. die Verdünnungsverhältnisse, ausgedrückt als Temperaturgradient.

Der vertikale Temperaturgradient gibt an, um wie viel die Temperatur pro 100 m Höhendifferenz sinkt. Üblich ist ein Temperaturgradient von 0.6 – 0.7 °C/100 m Höhenunterschied. Bei einer Inversion (Kaltluftsee mit Rückstau und Anreicherung der Schadstoffe in Bodennähe) kann der Temperaturgradient sogar negativ sein, d.h. in der Höhe ist es wärmer als in Bodennähe.

Ist dagegen der Temperaturgradient gross (hohe Bodentemperatur durch Sonneneinstrahlung, kalt in der Höhe) können sich vertikale Winde ausbilden, welche die Luftschadstoffe besonders nachhaltig verdünnen. Das ist der Hauptgrund, weshalb sich tagsüber deutliche **Schadstoffsenken** ausbilden, schmaler und geringer im Winter (bei Tempo 100 auf der A1) und quasi synchron mit den (mittleren!) Temperaturverläufen nach Bild 9.

Im Spätwinter und Frühling (bei Tempo 80 auf der A1) sind die **Schadstoffsenken** tiefer, bedeutend breiter und ebenfalls in sinngemässer Übereinstimmung mit den durchschnittlichen Temperaturverläufen nach Bild 10. Obwohl – und das ist besonders wichtig – die Emissionen vom Strassenverkehr tagsüber unter der Woche und während den beiden Tempophasen relativ ähnlich sein dürften.

Für den Politiker mögen diese Erläuterungen mit den Tagesgängen als spitzfindig, überflüssig, die Realitäten aberkennend erscheinen. Dieser Eindruck ist falsch; ohne Einbezug des Wetters und eben vor allem der Temperaturschichtungen sind vergleichende Immissionsmessungen über kurze Zeiträume ziemlich wertlos. Wie Bilder 7 bis 10 belegen, ist die Aussage im amtlichen Bericht zudem unhaltbar, wonach die meteorologischen Verhältnisse (Inversionen) in Salzburg und Hallein während beiden Phasen sehr ähnlich und damit vergleichbar seien.

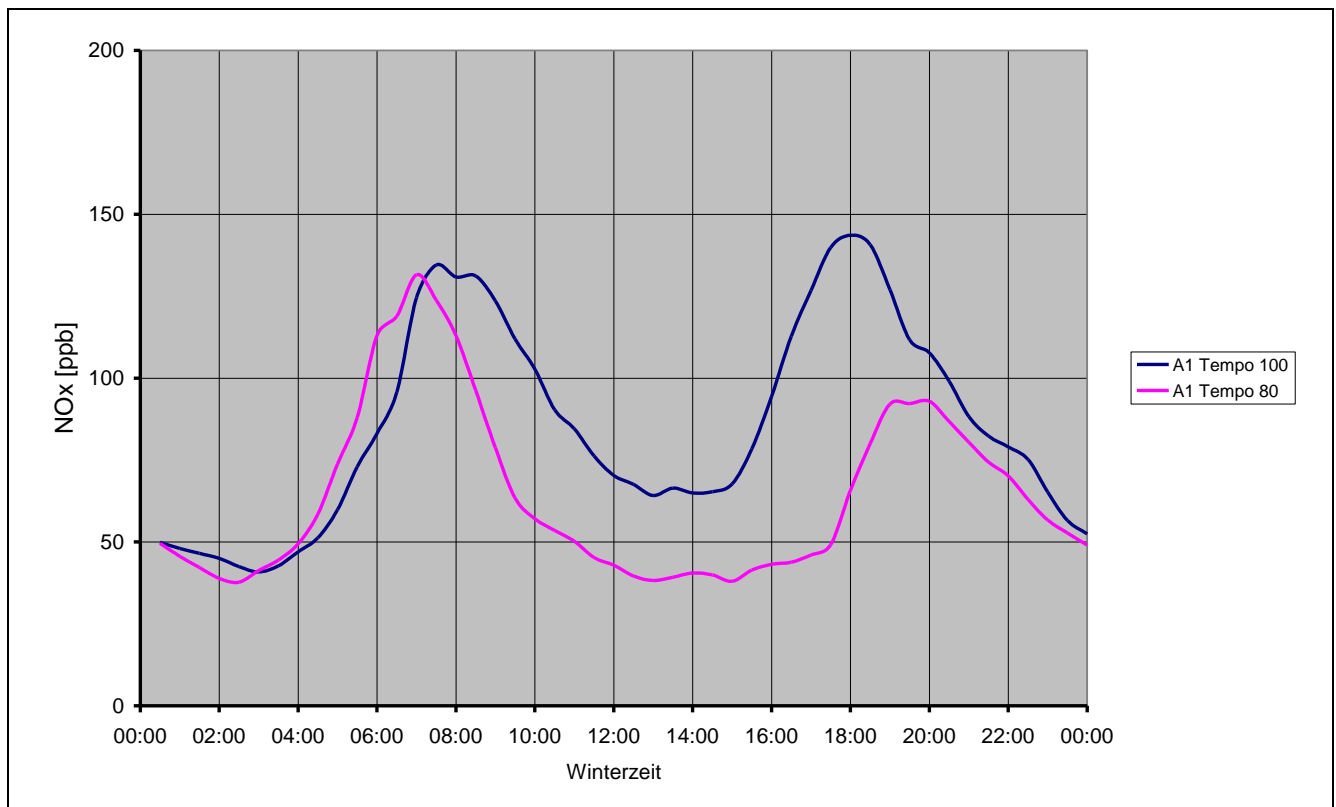


Bild 8: Tagesgang der NOx-Immissionen an der A10, getrennt nach Temporegime auf der A1.

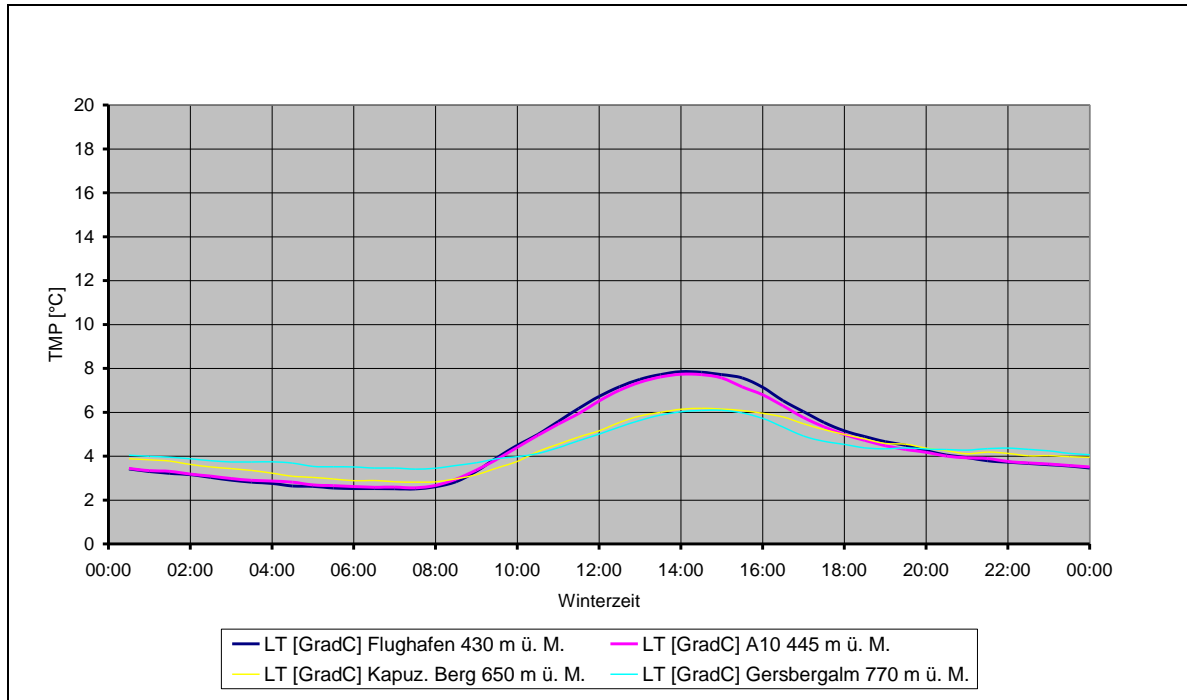


Bild 9: Tagesgang der Lufttemperaturen auf verschiedenen Höhen während der Tempo 100-Phase auf der A1 (17.10.2013 – 19.02.2014).

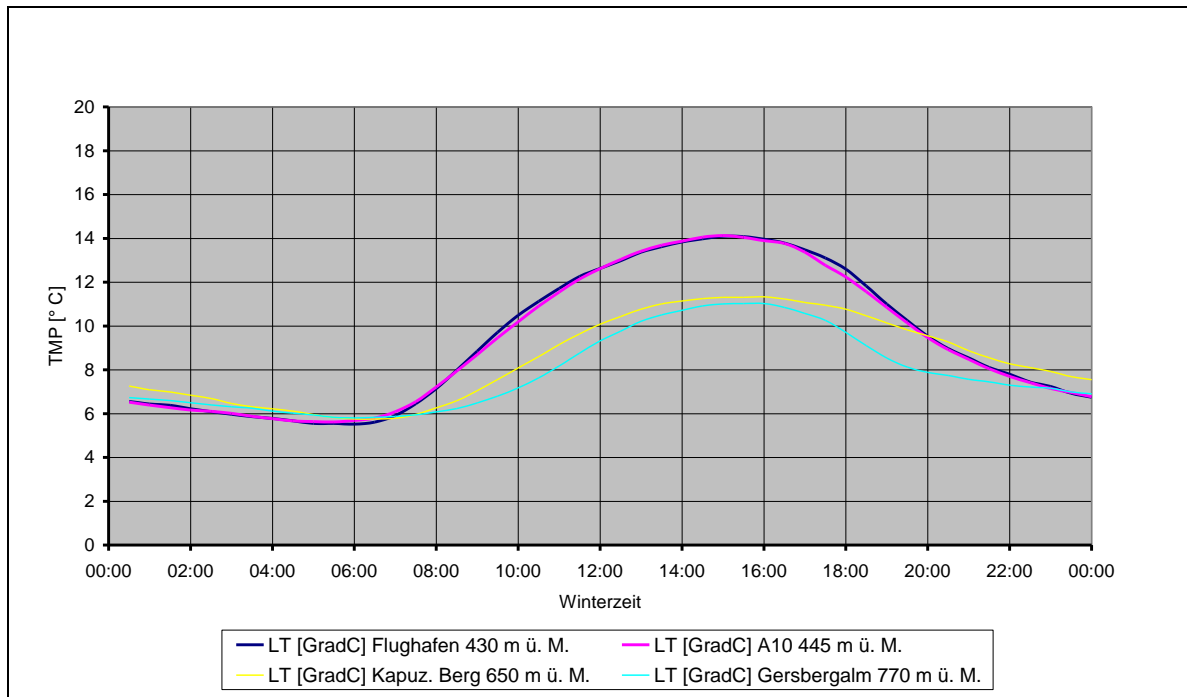


Bild 10: Tagesgang der Lufttemperaturen auf verschiedenen Höhen während der Tempo 80-Phase auf der A1 (20.02. – 19.05.2014).

Kommentar

Ein Erfolg von temporärem Tempo 80 auf der A1 Stadtautobahn in Salzburg ist mit Immissionsmessungen offensichtlich nicht ohne weiteres belegbar. Zumindest wenn man sich nicht blindlings auf ein Ergebnis auf Basis von (oft zufälligen) Mittelwerten verlässt.

Zu gross ist die durch verschiedene Einflussfaktoren verursachte Streuungen. Durch die unumgängliche Differenzbildung wird der Streubereich ferner massiv vergrössert, ist doch die Differenz zweier ähnlich grosser Zahlen **besonders ungenau**. Die relativ geringen Stichproben sowie unterschiedliche Jahreszeiten bewirken zudem, dass der Erfolg eher «mit Stochern im Grundrauschen von Wetter und Messgenauigkeit» gesucht werden muss.

Wird ausserdem das unterschiedliche Verkehrsaufkommen vor und während der Tempo 80-Phase berücksichtigt, ergibt sich während der Tempo 80-Phase eine zusätzliche NOx-Reduktion, welche den angegebenen «klaren» Erfolg von 6 – 7 Prozent Minderimmissionen an NOx **durch Tempo 80** deutlich schmälert.

Im amtlichen Bericht werden in nicht näher dokumentierter Art und Weise über die tageweise **berechneten NOx-Emissionen** und die **gemessenen NOx-Immissionen** auf die Ausbreitungsbedingungen geschlossen. Einmal abgesehen von den unbekanntem und überdies temperaturabhängigen NOx-Emissionen (Hintergrundbelastung durch Heizungen usw.) ist dieses Vorgehen – wenn es über den Einbezug der unterschiedlichen Verkehrsfrequenzen hinaus geht – problematisch: Die Fragestellung ist ja, welcher Rückgang der NOx-Immissionen als Folge kleinerer NOx-Emissionen durch Tempo 80 zu erzielen ist. Und dazu braucht es seitens der NOx-Emissionen nur die Korrekturen der Verkehrsfrequenzen, beispielsweise in erster Näherung mittels Dreisatz. Alles andere führt zu einem Fehlschluss, d.h. zu einem Zirkelschluss ohne Beweiskraft.

Daher erstaunt etwas die Selbstsicherheit, mit welcher solche ungesicherten Resultate verbreitet und als Vorwand für opportunistische Massnahmen im Strassenverkehr verwendet werden. Mit Blick auf die Messvorschriften gemäss geltenden EU-Richtlinien sind ferner die vorgeschobenen Drohungen seitens der EU lediglich effekthaschende Worthülsen.

Eine von der A1 ausgehende Gesundheitsgefährdung ist zu relativieren, waren doch die Stickoxidemissionen vor 30 Jahren nahezu europaweit mehr als doppelt so hoch (bei entsprechenden Immissionswerten in Städten). Von gesicherten Gesundheitsschäden durch Abgase ist aber selbst bei Personen, welche sich während Jahren den ganzen Tag direkt auf den Strassen aufhielten (TaxifahrerInnen, Lkw-FahrerInnen usw.) nichts bekannt.

Es ist zudem unschön, wenn subtil versucht wird, die Luftqualität in der Stadt Salzburg mit der Luftbelastung direkt an den Autobahnen (oder generell an Strassen) in Verbindung zu bringen. Nichts gegen sauberere Luft: Die ins Auge gefassten Massnahmen sollten jedoch verhältnismässig sein, deren Wirkung über Autosuggestion hinausgehen und nicht nur der (politischen) Profilierung dienen. Zumal der technische Fortschritt, zusammen mit der Erneuerung der Fahrzeugflotte, auch zu einer besseren Luftqualität führen wird. Dies trotz leider immer noch weiter zunehmendem Verkehrsaufkommen.

Literaturverzeichnis

[1] *Salzburger Landeskorrespondenz*: [Deutlicher Rückgang bei Stickoxiden durch Tempo 80](#) (12. Juni 2014).

[2] *Salzburg Grüne*: [Wie 26 Tage Vollsperrung der Autobahn: Deutlicher Rückgang bei Stickoxiden durch Tempo 80](#) (12. Juni 2014).

Meilen (Zürich), im Oktober 2014

René Weiersmüller