

Wo ist die Belastung durch Feinstaub in der Steiermark am höchsten?

Warum gerade dort?

Welche Rolle spielen Landschaft und Wetter?

Die Feinstaubbelastung wird an zahlreichen Messstellen in der Steiermark dokumentiert. Man erkennt dadurch Regionen mit hoher und niedriger Belastung. Das Feinstaub-Toto kommt diesen regionalen Unterschieden auf die Spur.

Die angeleitete Kartenanalyse und das anschließende Feinstaub-Toto-Spiel sind besonders für den vertiefenden Geografie-Unterricht geeignet, da sie das Zusammenspiel zwischen Schadstoffquellen und naturräumlichen Faktoren erkennen lassen.



Abb. 1: Feinstaub-Toto-Schein wird ausgefüllt. M. Krobath

Ort	Schulstufe
-----	------------

Klassenzimmer	ab 9. Schulstufe
---------------	------------------

Gruppengröße	Zeitdauer
--------------	-----------

Klassengröße	2-3 Schulstunden
--------------	------------------

Lernziele

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ► Zusammenhang zwischen Luftbelastung und naturräumlichen bzw. wirtschaftlichen Faktoren erkennen und Rückschlüsse auf weitere Entwicklungen ziehen können ► Umstände erkennen, die zu erhöhter Umweltbelastung führen ► Erlernen, wie Umweltdaten aus dem Internet bezogen werden können |
|---|

Sachinformation

Obwohl die „Steiermark“ nicht wörtlich im Lehrplan der Oberstufe zu finden ist, ist die Behandlung der Luftgütesituation in unserem Bundesland aus mehreren Gründen für den Unterricht geeignet. Einerseits können die in Folge erwähnten Faktoren exemplarisch auf alle Landschaften Österreichs oder zB Europas umgelegt werden, andererseits regt das Feinstaub-Toto zu einer vernetzten Denkweise an, die bei Aufgabenstellungen nur durch Analyse der Vorgaben zu einer Aufgabenlösung führen kann.

Um diese Vorgaben, falls aus dem Geografie-Unterricht nicht schon bekannt, kennen zu lernen, dient der folgende Sachinformationsteil als Informationsquelle. Er zeigt auf, welche Voraussetzungen für die Ausbreitung von Luftschadstoffen in der Steiermark bestehen.

Voraussetzungen für die Entwicklung der Schadstoffproblematik

Für eine Betrachtung der regionalen Schwerpunkte der Luftbelastung in der Steiermark sollte man sich vorerst einiger Punkte bewusst werden, die zur Entwicklung der heutigen Emissionen (Schadstoffausstoß) führten, die für die Transmission (Transport der Schadstoffe in der Luft) verantwortlich sind und die für die Immissionen (Einwirken der Schadstoffe) von großer Bedeutung sind.

Dabei reicht es nicht aus, nur die schadstoffausstoßenden Quellen zu suchen, man muss auch die naturräumlichen Gegebenheiten der Steiermark betrachten, die einen entscheidenden Einfluss auf die Ausbreitungsbedingungen der Schadstoffe haben und oft mitverantwortlich für hohe Messwerte sind.

Rolle der Landschaftsgliederung

Der Landschaftsgliederung der Steiermark, also dem „Grundgerüst“ der Naturraumfaktoren, wird hier schon eine wichtige Rolle zuteil. Während der Entstehung der Alpen bildeten sich im Gebirgsinneren die für die Steiermark so charakteristischen inneralpinen Becken. Ebenso entstanden durch die starke tektonische Belastung zahlreiche geologische Störungen, also linienhafte Schwachzonen im Gesteinsverband, die sich über hunderte Kilo-

meter ziehen können. Entlang dieser Linien, wo der Gesteinsuntergrund wesentlich stärker aufgelockert ist, konnten sich Flüsse leichter eingraben und Täler bilden.

Tatsächlich folgen viele steirische Täler solchen Störungen, wofür das obere Mur- und das untere Mürztal als langgestreckte Tiefenlinie ein Musterbeispiel darstellen (Mur-Mürz-Furche).

Dadurch entstand die für die Steiermark so typische Kleingliederung der Landschaft, die sich durch Becken, Talräume und spezielle Bedingungen am Übergang zwischen Alpen und Alpenvorland kennzeichnet.

Aufgrund des großen Gebirgsanteiles der Steiermark mussten sich Siedlungen natürlich auf diese „Talkammern“ beschränken, wodurch dort schon früh relativ abgeschlossene, vielfach eigenständige Kultur- und Wirtschaftsräume mit jeweils eigenen zentralen Siedlungen entstanden. Bestimmte Gunstfaktoren führten dann teils zu einer besonders großen Bevölkerungs- und Bebauungsdichte. Hier ist wieder die erwähnte „Mur-Mürz-Furche“ zu nennen.

In diesem zusammenhängenden Talsystem entwickelte sich auf der Basis günstiger Verkehrslage und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (grün-derzeitliche Industrie-Konzentration auf Standorte an Eisenbahnlinien bei gleichzeitiger Verfügbarkeit von Kohle) die größte inneralpine Bevölkerungskonzentration der Steiermark und eine auch heute noch alpenweit bedeutende Industrieregion (Abb. 2).

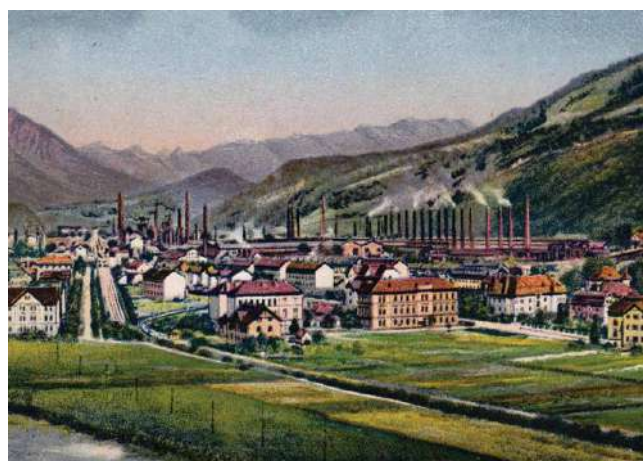


Abb. 2: Zentrum steirischer Industriegeschichte: Historische Ansicht des Werkes Leoben-Donawitz in der Mur-Mürz-Furche; alte Ansichtskarte/Bildautor unbekannt

Wie erwähnt, prägt die Landschaftsgliederung der Steiermark nicht nur die Entwicklung von Siedlungen, sondern auch jene der heutigen Verkehrswege. Die hohen Gebirge stellten natürlich immer schon Verkehrshindernisse dar, wenn auch viele Hochgebirgspässe bereits in prähistorischer Zeit begangen wurden.

Folglich musste sich auch der Verkehr im Gebirgsraum auf relativ schmale Korridore beschränken, die sich bis heute zu den großen inneralpinen Verkehrsleitlinien der Steiermark entwickelt haben (Murtal, Mürztal, Palten-Liesing-Tal, Ennstal).

Das Vorland bot wegen seiner Topographie kaum Verkehrseinschränkungen, während der Grenzraum zwischen Gebirge und Vorland deshalb bedeutend war, weil sich hier Verkehrswege in die Alpen bündeln mussten. Vor allem die Stadt Graz ist erwähnenswert, da die Landeshauptstadt innerhalb der Steiermark eine hervorragende Lage einnimmt (Abb. 3).

Diese günstige Verkehrsposition war zusammen mit der perfekten Schutzlage des Murüberganges am Fuß des Schlossberges ein Hauptgrund für die Entwicklung zur Landeshauptstadt und zum Wirtschaftszentrum der Steiermark mit all seinen positiven und negativen Folgeerscheinungen, wobei die Luftgüte zu letzteren zählt.

Rolle der klimatischen Rahmenbedingungen

Auch andere natürliche Faktoren sind von großer Bedeutung für die steirische Luftqualität. Warum wurden und werden etwa Feinstaub-Spitzenwerte in Österreich meist aus Graz gemeldet und nicht aus dem bevölkerungsreicheren Wien oder aus Linz mit seiner wesentlich größeren Industrie?

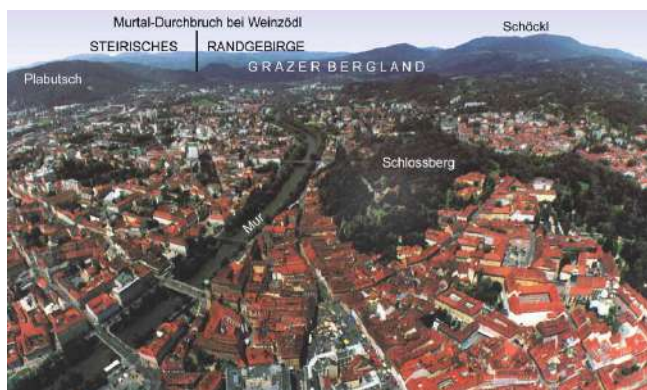


Abb. 3: Die günstige Position von Graz am Alpenrand als Konzentrationspunkt für Verkehrswege durch das Murtal in die Alpen; alte Ansichtskarte/Fotoautor unbekannt

Grund ist hierbei wiederum die topografische Lage der Steiermark und speziell der Landesteile südlich des Alpenhauptkammes: Während der Luftaustausch im Donauraum durch die Offenheit nach Westen und die somit bessere Luftzufuhr aus der Hauptwindrichtung gegeben ist, ist die Steiermark mit Ausnahme ihrer nördlichsten Landesteile nach Nordwesten, Westen und Südwesten, also gegenüber der vorherrschenden Windrichtungen, sehr gut durch die Alpen abgeschildert. Diese Leelage bewirkt eine generelle Windarmut in den Tälern und damit einhergehend eine charakteristische Neigung zu Kaltluftansammlung und Temperaturinversion sowie Nebel- und Hochnebelreichtum. Dies wiederum hat besonders ungünstige Ausbreitungsbedingungen von Luftschadstoffen zur Folge, sodass Luftaustausch und damit -reinigung stark reduziert werden.

Die Abschirmung durch die Alpen beeinträchtigt auch das Niederschlagsgeschehen, wodurch ein Niederschlags-Maximum im Norden und Nordwesten der Steiermark und ein Minimum im Osten und Südosten, aber auch in den inneralpinen Tälern südlich des Alpenhauptkammes zu finden ist.

Da niederschlagsbringende Systeme in der Steiermark vorwiegend aus dem Sektor West-Nordwest-Nord kommen, regnen diese oft an den Nord- oder Zentralalpen ab und erreichen die südlichen und südöstlichen Landesteile nicht. Diese niederschlagsbringenden Fronten wären aber gerade im Winter entscheidende Reinigungsfaktoren für die Luft, da sie durch einen Luftaustausch Schadstoffe abtransportieren könnten.

Neben diesen großräumigen klimatischen Verhältnissen gibt es jedoch auch kleinräumigere Phänomene, die sich auf die Schadstoffausbreitung auswirken. In erster Linie handelt es sich dabei um die schon erwähnten Inversionen und um Lokalwindssysteme.

Inversionen

Wenn man auf einen Berg steigt, weiß man, dass die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe sinkt, doch das muss nicht immer der Fall sein. Im Winterhalbjahr melden Wetterstationen auf Bergen oft positive Temperaturen, während in den Tälern

Frost herrscht – das ist dann eine Inversion – also eine „inverse“ (umgekehrte) Temperaturschichtung. In diesen Fällen sammelt sich kältere Luft in den Niederungen, da sie eine höhere Dichte als wärmere Luft hat. Darüber liegt dann wie ein Deckel ein Paket wärmerer Luft (Abb. 4). Das funktioniert aber nur bei stabilem Wetter, wenn also kein starker Wind oder keine Niederschläge diese Luftschichtung stören.

Problematisch daran ist, dass alle ausgestoßenen Luftschadstoffe dann auch in dieser kühleren, bodennahen Luft bleiben und sich hier konzentrieren, anstatt aufzusteigen und sich zu verdünnen.

Diese Erscheinung ist für die Steiermark auf Grund des vielgestaltigen Reliefs (Wechsel von Becken und Talengen) besonders typisch. Die inneralpinen Becken haben hierbei eine besondere Anfälligkeit für Inversionen, da sie allseitig durch hohe Berge abgeschildert und von Talengen ober- und unterhalb der Becken begrenzt sind. Das bewirkt eine besonders ausgeprägte Windarmut und hohe Kaltluftgefährdung.

Da fast alle Becken und Buchten dazu größere Konzentrationen von Bevölkerung, Verkehr und Industrie beherbergen, führt das dort unweigerlich zu einer erhöhten Luftproblematik v. a. in der kalten Jahreszeit.

Die Inversion wirkt also immer wie ein Deckel, der den vertikalen Luftaustausch unterdrückt oder unterbindet, die Schadstoffe bleiben damit in den untersten Luftschichten und damit in unserer Atemluft.

Je nach Geländekonfiguration können sich Inversionen oft besonders stark ausbilden oder lang anhalten. Je abgeschlossener und kesselförmiger ein Landschaftsteil ist, desto besser können sich dort richtige „Kaltluftseen“ ausbilden.



Abb. 4: Schematische Darstellung einer Inversion. M. Krobath

Lokalwindssysteme

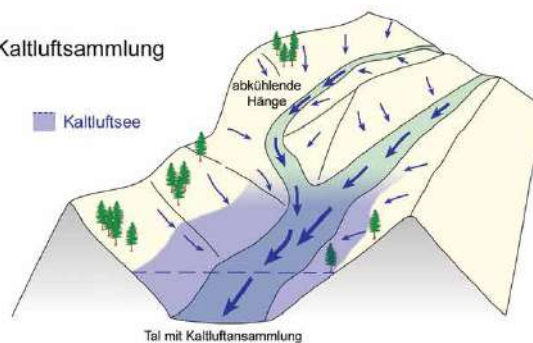
Je nach Geländeausprägung können auch lokale Windsysteme die Schadstoffausbreitung stark beeinflussen. In der Steiermark sind hier Talwindssysteme von großer Bedeutung.

Der Impuls zur Entwicklung solcher Talwinde kommt von den tagesperiodischen Schwankungen der Luftdruckdifferenz zwischen Gebirge und Vorland (vergleichbar mit dem Land-Seewind-System). Das Gebirge kühlt sich nachts rascher ab als das durch die Vegetation „trägere“ Vorland. Dadurch bildet sich im Vorland ein Tief aus (bzw. ein Hoch im Gebirge). Dazu kommen Hangabwinde durch Kaltluftabfluss und es entsteht insgesamt ein talauswärts gerichtetes Windfeld.

1.) Kaltluftabfluss



2.) Kaltluftsammlung



3.) starke Inversion mit Hochnebel

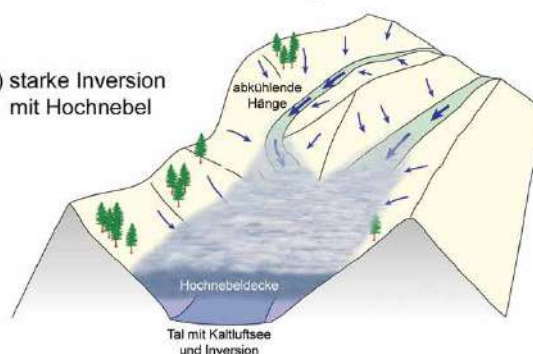


Abb. 5: Schema eines nächtlichen Lokalwindsystems; M. Krobath

Dieses kann man sich wie in den folgenden Punkten aufgezeigt vorstellen.

A) Kaltluftabfluss und Hangabwind

Wenn nachts die bodennahe Luft schneller abkühlt als die Luft darüber, sinkt diese dichtere und damit schwerere Kaltluft unter dem Einfluss der Schwerkraft als Hangabwind zu Tal (Abb. 5). Meist setzt dieser Kaltluftabfluss kurz nach Sonnenuntergang ein.

B) Seitentalauswinde

Ihre Entstehung steht analog zu den Hangabwinden. Statt über geneigte Hänge abzufließen, fließt die kühlere, dichtere Luft entsprechend der Talneigung ab. In dicht besiedelten Gebieten haben diese Winde für die Lüfterneuerung eine große Bedeutung.

C) Talauswinde

Bei größeren Tälern kann dieser Prozess zu einem bedeutenden Faktor für die Schadstoffausbreitung werden, insbesondere bei größeren Emittenten. So ist etwa in Graz der Murtalauswind entscheidend. Diese 200 bis 300 Meter mächtige Strömung ist ein Ergebnis der oben beschriebenen Vorgänge.

D) Taleinwinde

Analog zu den meist nächtlichen Winden der Punkte A bis C passiert tagsüber genau das Gegenteil: Das Gebirge erwärmt sich dann rascher als das Vorland und es entstehen wieder Luftdruckunterschiede, die Luftbewegungen in Gang setzen. Außerdem steigt Luft über sonnen erwärmten Hängen auf, Luft muss von unten „nachgeliefert“ werden und es entstehen Hangaufwinde (Abb. 6).



Abb. 6: Schema eines Lokalwindsystems bei Tag; M. Krobath

Auf diese Weise entstehen Taleinwinde und damit ein im Gegensatz zur Nacht umgekehrtes Windfeld.



Abb. 7: Beispiel für den Wechsel von Talaus- zu Taleinwind bei einem Emittenten in Graz; M. Krobath

Abb. 7 zeigt genau jenen Zeitpunkt, an dem an der Abgasfahne eines Emittenten in Graz zu erkennen ist, dass der morgendliche Talauswind vom einsetzenden Taleinwind abgelöst wird. Ein solch beispielhafter Ablauf ist aber nur möglich, wenn stabiles Wetter herrscht, also keine durchziehenden Fronten oder überregionale Winde diesen Prozess überlagern. Der Windrichtung entsprechend werden dann stets jene Gebiete stärker mit Luftschadstoffen belastet, die auf der Seite der jeweiligen Abgasfahne liegen.

Schlussfolgerungen

Das Zusammenwirken zwischen all diesen erwähnten Faktoren des Naturraums (Lage im Großraum, Kleinkammerung der Landschaft, lokale Gelände verhältnisse, klimatische Einflüsse bzw. regionale Besonderheiten) ist mitverantwortlich für die Luftschadstoffbelastung, sodass man besondere Gunst- und Ungunstlagen in der Steiermark erkennen kann (s. Abb. 8).

Rechnet man nun noch hinzu, dass die meisten ungünstigen Lagen günstige Siedlungsräume mit dementsprechenden sozioökonomischen Elementen (teils hohe lokale Bevölkerungs- und Industriedichte, reges Wirtschaftsleben mit hohem Verkehrsaufkommen) sind, lässt sich die zu erwartende Umweltproblematik leicht erkennen.

Die für die Luftqualität mitverantwortlichen Faktoren lassen sich von „besonders günstig“ bis „besonders ungünstig“ in folgender Weise aufliedern:

- Pass- und Höhenlagen
Gebirge
- Mittlere Höhen in Hanglagen
zB St. Radegund bei Graz
- Riedelland
zB Kumberg oder Lassnitzhöhe
- gut durchlüftete Täler
zB Liesingtal oder Gesäuse
- schlecht durchlüftete Täler
zB Paltental oder Mur-Mürz-Furche
- Talböden des Vorlandes
zB Grazer Bucht oder Leibnitzer Feld
- Inneralpine Becken und Lagen
zB Judenburg-Knittelfelder Becken



Abb. 8: Faktoren, die die Luftschadstoffbelastung beeinflussen; UBZ

Diese Messung erfolgt andauernd. Über jeweils eine halbe Stunde wird dann ein Halbstundenmittelwert errechnet, über den man gut den Tagesgang der Belastung erkennen kann. Am Ende des Tages (24:00 Uhr) wird aus allen gemessenen Werten des Kalendertages der Tagesmittelwert errechnet. Abb. 10 zeigt einen Vergleich zwischen Halbstundenmittelwerten und Tagesmittelwerten über ca. 1 Woche an einigen Grazer Stationen.

Gut zu erkennen sind die hohen Belastungen während der Verkehrsspitzen im oberen Diagramm (Halbstundenmittelwerte) und die Dämpfung dieser Schwankungen bei Betrachtung der Tagesmittelwerte (unten).

Für den Tagesmittelwert gibt es eine Grenze, die nicht überschritten werden sollte. Der Grenzwert liegt bei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - das bedeutet, dass im Tagesmittel nicht mehr als 50 Mikrogramm Feinstaub in einem Kubikmeter Luft vorhanden sein sollten. Diese Grenze ist im unteren Diagramm durch eine rote Linie hervorgehoben.

Messung von Feinstaub

Um den Begriff „Tagesmittelwert“ zu verstehen, der beim Feinstaub-Toto in der didaktischen Umsetzung eine Rolle spielt, wird hier kurz die Messmethodik erläutert.

In der Steiermark stehen zur Zeit (Dezember 2020) über 40 Messstationen (Abb. 9), die die Luftbelastung ermitteln.

Luft wird in diese Stationen eingesaugt und analysiert. Unter zahlreichen Luftschadstoffen wird auch die Konzentration von Feinstaub ermittelt - das sind Teilchen, die kleiner als $1/100 \text{ mm}$ sind.



Abb. 9: Lufthygiene-Messstation der Steiermärkischen Landesregierung; Land Steiermark

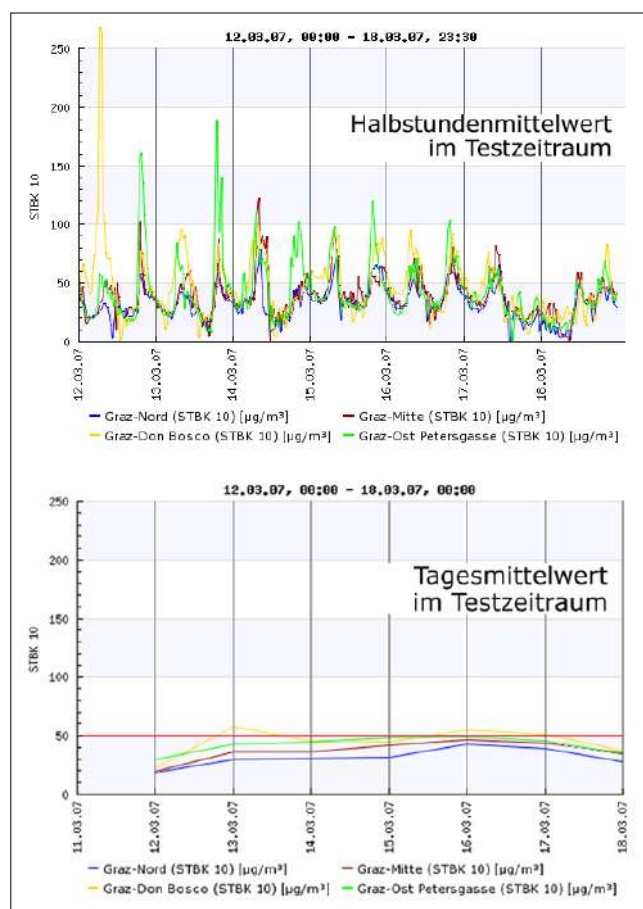


Abb. 10: Halbstundenmittelwerte der Feinstaubbelastung an einigen Grazer Stationen (oben) und dazugehörige Tagesmittelwerte (unten).

Wird dieser Grenzwert an einer Station überschritten, gibt es für solche Überschreitungstage noch eine Toleranz, sog. Toleranztage. Gibt es zu viele Toleranztage, kommt man in einen Konflikt mit EU-Vorgaben oder auch dem Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L).

Wie unterschiedlich hoch diese Tagesmittelwerte in der Steiermark sein können und warum das so ist, darum geht es in der folgenden didaktischen Umsetzung.

Didaktische Umsetzung

Die im Sachinformationsteil erwähnten Faktoren werden in einer Schulstunde mittels einer angeleiteten Kartenanalyse eruiert. So werden steirische Hotspots ermittelt, bei denen eine erhöhte Luftbelastung zu erwarten ist. In einer zweiten Stunde wird das Feinstaub-Toto durchgeführt. Dabei werden die Lage von je zwei Messstationen über Google Earth miteinander verglichen und getippt, welche Station den geringeren Feinstaubwert an einem bestimmten Tag gemessen hat. Die tatsächlichen Messwerte werden online abgerufen und mit den Feinstaub-Toto-Tipps verglichen. Wie viele Einschätzungen waren richtig?

Inhalte	Methoden
Kartenanalyse	50 Minuten
<i>Karten werden überlagert, um Gebiete zu finden, in denen mehrere Faktoren auf eine hohe Luftbelastung hinweisen.</i> 	<u>Material</u> Beilage „Karte: Landschaftstypen der Steiermark“, Beilage „Karte: Mittlere Jahressummen der Niederschläge 1971-2000“, Beilage „Karte: Straßennetz der Steiermark“, Beilage „Karte: Bevölkerungsdichte nach Gemeinden 2018“, wasserfeste/r Folienstift/e (unterschiedlicher Farben), A4 Klarglaskarte Die Kartenanalyse wird in Zweiergruppen durchgeführt. Jede Gruppe erhält die Karten der Beilage, Folienstifte in mehreren Farben (falls vorhanden) und eine Klarglaskarte. Die Karte „Landschaftstypen“ wird in die Klarglaskarte gesteckt, der Umriss der Steiermark mit Folienstift auf die Klarglaskarte abgezeichnet und anschließend werden Becken und Täler – also Gebiete mit erhöhter Inversionsanfälligkeit – übertragen. Die Karte wird aus der Klarglaskarte entfernt und durch die Karte „Niederschläge“ ersetzt. Sie ist deckungsgleich mit der ersten und kann mit Hilfe der Landesumrisse genau eingepasst werden. Es werden – idealerweise mit anderer Farbe – Gebiete mit hohen Niederschlägen (zB blau) und geringen Niederschlägen (zB grün) grob eingekreist oder schraffiert. Je weniger Niederschläge, desto anfälliger ist die dortige Luft für hohe Feinstaubbelastung (weniger Lufterneuerung). Wo sich Becken und Täler mit niederschlagsarmen Gebieten überlagern, könnten also Problemzonen vorkommen. Dasselbe Prozedere erfolgt mit den Karten „Straßennetz“ und „Bevölkerungsdichte“. Wichtige Verkehrswege und Gebiete hoher Bevölkerungsdichte werden auch auf die Klarglaskarte übertragen. Liegen diese in den zuvor ausgewiesenen möglichen Problemzonen, ist hier mit hoher Luftbelastung zu rechnen. So zeigt sich zB das Feinstaubproblem in Graz ganz besonders: Lage am Talboden, geringe Niederschläge, Verkehrsknotenpunkt und größte Bevölkerungsdichte. Die Auswertungen unterschiedlicher Gruppen werden verglichen. Dadurch sollten die SchülerInnen ein Gespür dafür bekommen, wo beim Feinstaub-Toto höhere Belastungen zu erwarten sind.

Feinstaub-Toto

50 Minuten

Unterschiedliche Messstationen werden per Google Earth verglichen.



Screenshot Google Earth

Material

Beilage „Anleitung: Feinstaub-Toto“,
Beilage „Kopiervorlage: Feinstaub-Toto-Schein“,
Internetzugang, Beamer

Jede Gruppe oder jede/r SchülerIn erhält einen Feinstaub-Toto-Schein und das Spiel wird von der Lehrperson laut Anleitung durchgeführt.

Dabei wird Google Earth mittels Beamer auf einer Projektionsfläche dargestellt und die am Toto-Schein angegebenen Messstationen werden gemeinsam nacheinander besucht. Die SchülerInnen tippen auf dem Toto-Schein bei jeder Spielnummer, welche der beiden Stationen ihrer Einschätzung nach den geringeren Feinstaubwert gemessen haben könnte.

Die Lehrperson kann – je nach Vorkenntnissen der SchülerInnen – Hinweise geben, wo aus welchen Gründen die Luftbelastung mit Feinstaub höher oder niedriger sein könnte.

Eruiieren der tatsächlichen Messwerte

15 Minuten

Die Datenauswertung wird durchgeführt.



Material

Internetzugang

Die Feinstaub-Messwerte werden auf www.feinstaub.steiermark.at abgerufen.

Man wählt im Menü „Täglicher Luftgütebericht“ und am erscheinenden Kalender den Spieltag aus. Es öffnet sich ein PDF, das man auch downloaden und ausdrucken kann.

Eine Tabelle mit den Messwerten der einzelnen Messstellen findet sich bei diesem PDF unter dem Kapitel „Die Messwerte vom ...“. Die Feinstaub-Messwerte werden in der Tabellenspalte „PM10 TMW“ (PM10 steht für Feinstaub, TMW für Tagesmittelwert) aufgelistet. Mit dieser Tabelle hat man somit alle gemessenen Werte der Stationen, die man für die Auswertung benötigt.

Optional können die Feinstaub-Messwerte auch als Hausübung oder von der Lehrperson vor der nächsten Unterrichtsstunde ausgelesen werden.

Auswertung des Feinstaub-Totos und Schlussbetrachtung

30 Minuten

Die Tipps auf den Toto-Scheinen werden mit den Messwerten verglichen.

Material

ausgelesene Messwerte

Die tatsächlichen Messwerte werden mit den SchülerInnen durchgegangen, deren Tipps werden mit den Messergebnissen verglichen. Es wird besprochen, ob die Einschätzungen (Wetter, Geländeform, Lage der Station ...) richtig oder falsch waren.

Als Abschluss kann diskutiert werden, welche Umweltprobleme noch in den ermittelten Agglomerationsräumen zu erwarten sind (zB Lärm, Abwasserentsorgung ...)

Beilagen

- ▶ Karte: Landschaftstypen der Steiermark
- ▶ Karte: Mittlere Jahressummen der Niederschläge
- ▶ Karte: Straßennetz der Steiermark
- ▶ Karte: Bevölkerungsdichte nach Gemeinden
- ▶ Anleitung: Feinstaub-Toto
- ▶ Kopiervorlage: Feinstaub-Toto-Schein

Weiterführende Themen

- ▶ Was ist Feinstaub?
- ▶ Staubmessung im Schulumfeld
- ▶ Staubquellen in der Schulumgebung
- ▶ Bioindikatoren für Luftschadstoffe
- ▶ Luftreinhalteverordnung der EU
- ▶ Gewinnen von Umweltdaten aus dem Internet
- ▶ Luftschadstoffe im Vergleich
- ▶ Innenraumluft in Klassen

Weiterführende Informationen

Praxismaterialien

- Unterrichtsmappe „Unser Lebensmittel Luft“ (ab 5. Schulstufe)
Sachinformationen und Unterrichtsmaterialien rund ums Thema Luft. Als kostenloser Download verfügbar:
<https://www.ubz-stmk.at/materialien-service/fachliche-und-didaktische-publikationen/gesundheit/#c1064>
- Stundenbild „Feinstaub zu Silvester“ (ab 9. Schulstufe, inkl. Bau eines Invasionsmodells)
Was ist Feinstaub? Welche Schadstoffe enthalten Feuerwerksraketen? Welche Luftbelastung entsteht zu Silvester?
Für registrierte BenutzerInnen kostenlos zum Downloaden: www.ubz-stmk.at/stundenbilder > Gesundheit

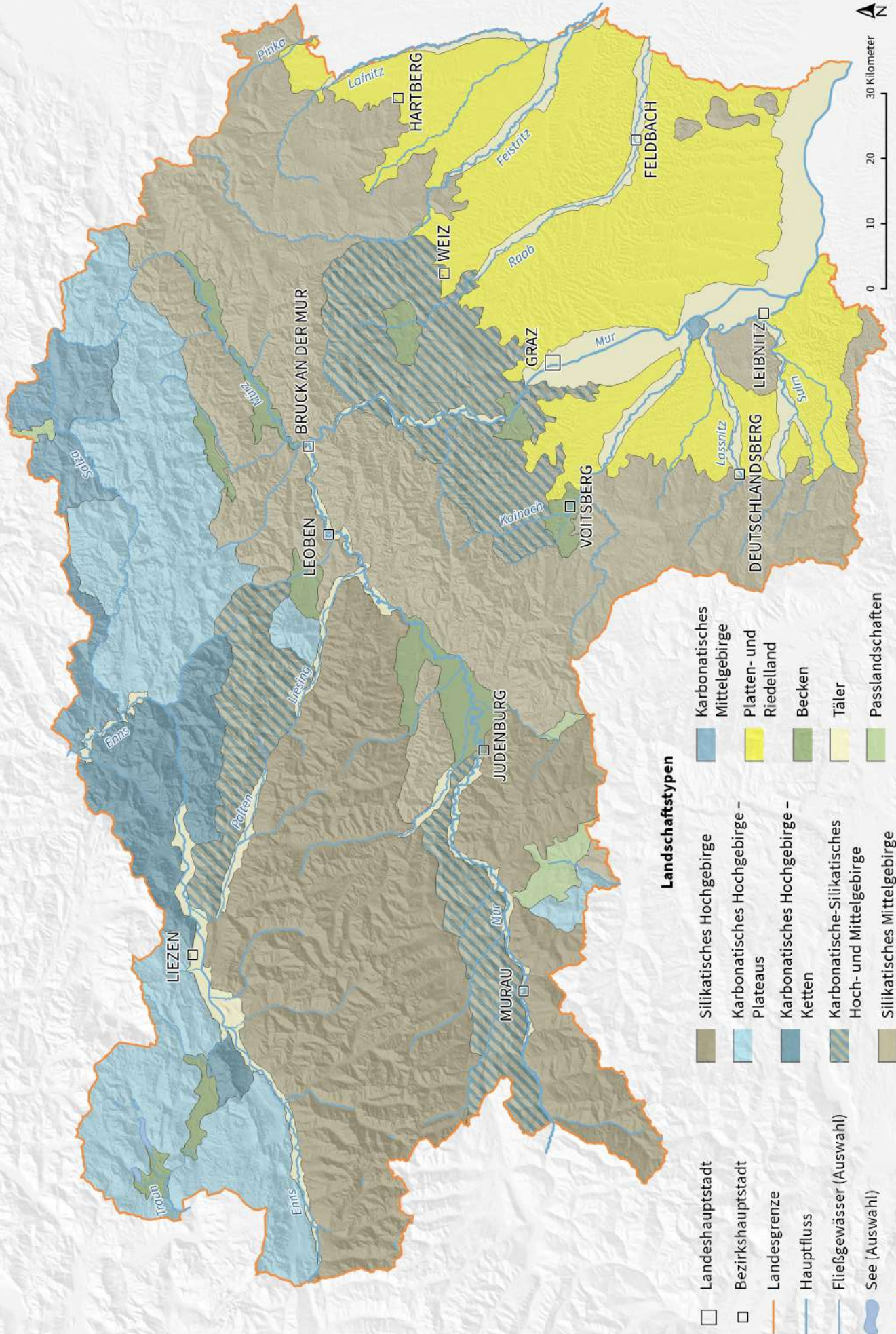
Links

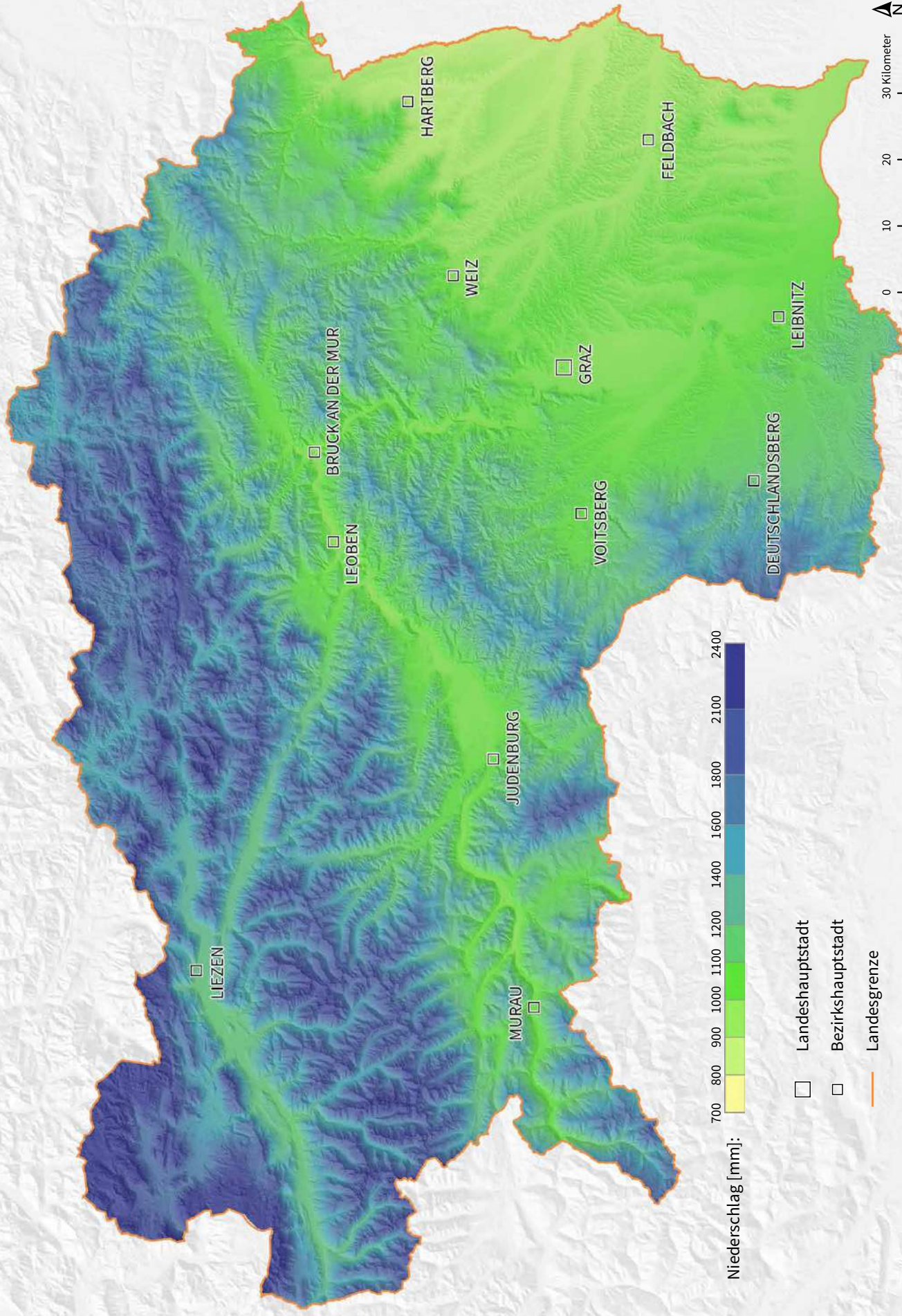
- www.feinstaub.steiermark.at
Aktuelle Online-Daten zur Luftgüte und Luftgütearchiv des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung

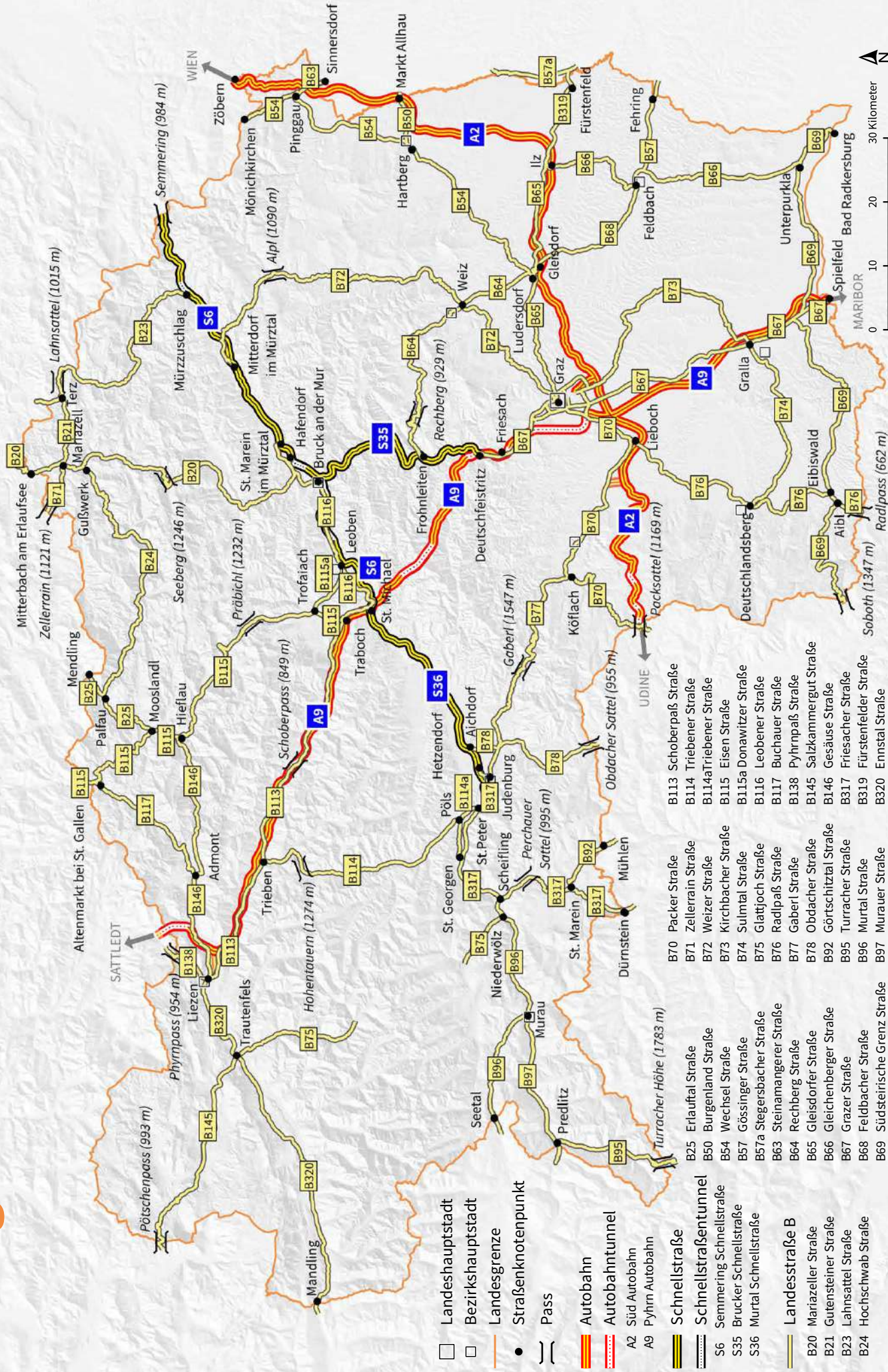


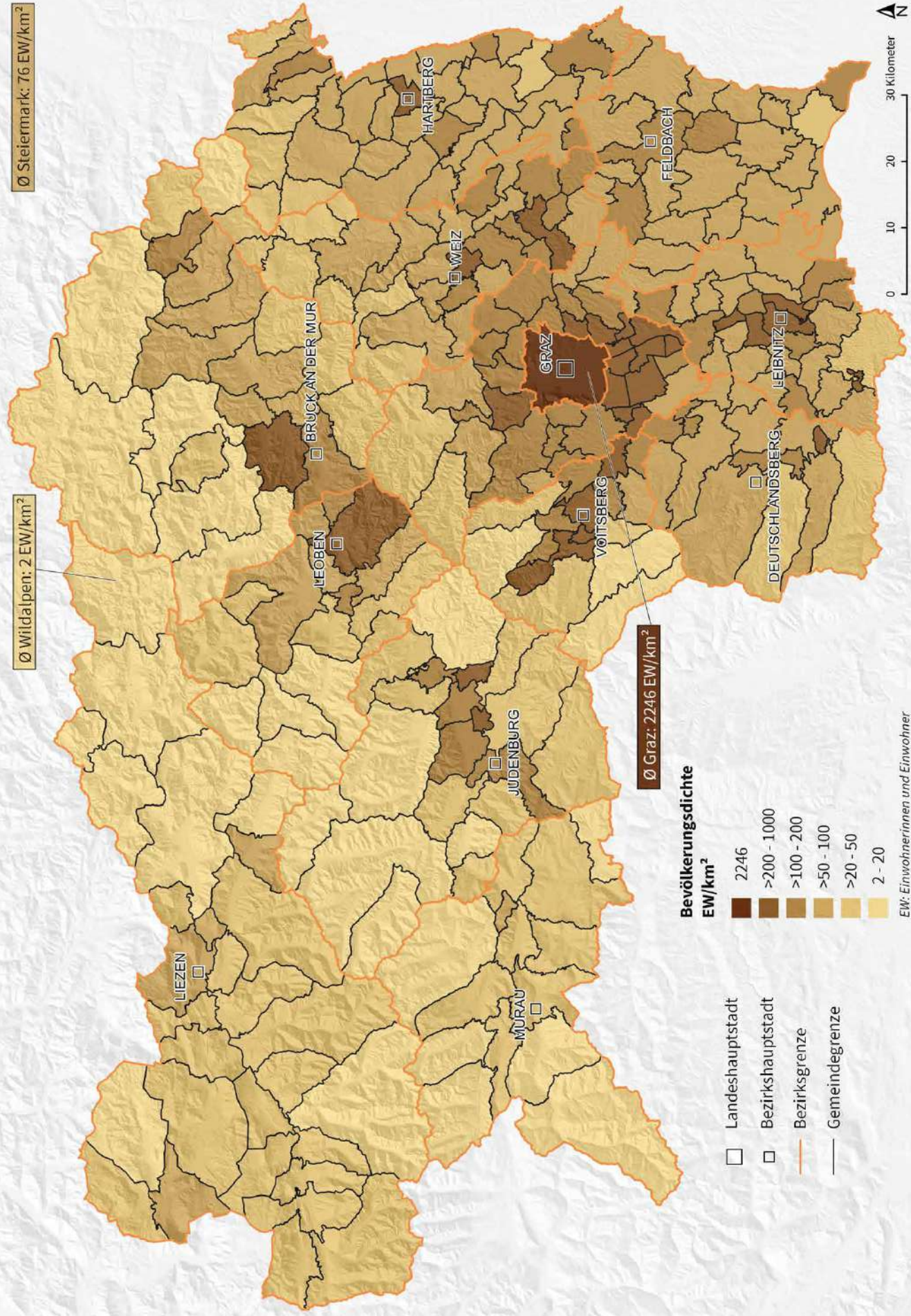
Noch Fragen zum Thema?

Mag. Michael Krobath
michael.krobath@ubz-stmk.at
Tel.: 0043 - (0)316 - 83 54 04









Feinstaub-Toto

Google Earth wird mittels Beamer auf einer Projektionsfläche dargestellt und die am Toto-Schein angegebenen Messstationen werden gemeinsam nacheinander besucht. Die SchülerInnen tippen bei jeder Spielnummer (1-12), welche der beiden Stationen ihrer Einschätzung nach den geringeren Feinstaub-Tagesmittelwert gemessen haben könnte.

Schritt 1: Google Earth wird unter <https://www.google.com/earth/> aufgerufen und „Earth starten“ gewählt.

Schritt 2: Jede/r SchülerIn bzw. jede Gruppe erhält einen Feinstaub-Toto-Schein und Informationen zum Spielablauf.

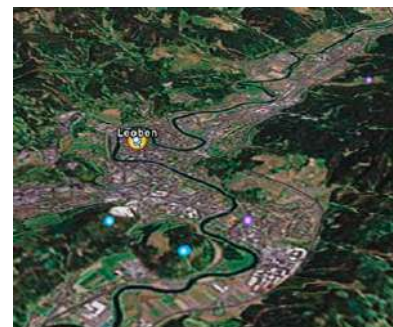
Auf dem Feinstaub-Toto-Schein gibt es 12 Spielnummern mit Paarungen von je zwei Luftgüte-Messstationen der Steiermark, die gegeneinander antreten.

Gewonnen hat jene Station, die an einem bestimmten Tag den geringeren Feinstaub-Tagesmittelwert (PM10 TMW) hat:

- Tipp 1: Die erste Station hat einen geringeren Feinstaub-Tagesmittelwert.
- Tipp 2: Die zweite Station hat einen geringeren Feinstaub-Tagesmittelwert.
- Tipp X: Unentschieden – dann, wenn die Werte nur fünf oder weniger Mikrogramm/m³ auseinanderliegen.

Schritt 3: Es wird ein beliebiger Tag gewählt, am besten der, an dem das Spiel stattfindet – das ist der **Spieltermin** für das Feinstaub-Toto. Die zu schätzenden Ergebnisse sind die jeweiligen Tagesmittelwerte der Feinstaub-Belastung an den Stationen an diesem Tag.

Schritt 4: In Google Earth wird nun eine Station nach der anderen (laut Toto-Schein) in das Suchfeld eingegeben, also zuerst „Liezen“, dann die Vergleichsstation „Zeltweg“. Google Earth navigiert dann automatisch dorthin. Bei jedem Paar wird die geografische Lage der Orte im Satellitenbild analysiert: Gibt es viele Straßen und Siedlungen? Wie ist die Geländeform (Becken, Tal, Hügelkuppe ...)? Gibt es Hinweise auf möglicherweise hohe Luftbelastung, wie zB durch Industrieanlagen?



Quelle: Google Earth

In weiterer Folge werden jeweils die zwei Stationen der jeweiligen Spielpaarungen besucht und Tipps auf den Scheinen abgegeben.

Die „Informationen zu möglichen Feinstaubbelastungen bei den Stationen“ auf der nächsten Seite bieten Hinweise, die man den SchülerInnen als Tipps geben kann.

Version für Fortgeschrittene: Auch die „Wertwette“ kann ausgefüllt werden. Man schätzt dabei für die ersten vier Paarungen die genauen Werte (schwierig!, u. U. Toleranzgrenze einbauen).

Schritt 5: Ab dem nächsten Tag können die Ergebnisse des Spieltermins im Internet recherchiert werden. Wer hat die meisten richtigen Tipps?

Setz auf weniger		Feinstaub TOTO	
Liezen	1 2 X	Kärnten	1 2 X
Zeltweg	1 2 X	Styria	1 2 X
Wartberg	1 2 X	Forsthaus	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Graben	1 2 X
Leoben	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Wald	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X
Wiesenberg	1 2 X	Kapfenberg	1 2 X

WERTWETTE (µg/m³)	
WETT 1	WETT 2
WETT 3	WETT 4

Dein Name: _____

Informationen zu möglichen Feinstaubbelastungen bei den Stationen

Die Hinweise sollen als Entscheidungskriterien gelten, eine Lösung kann hier nicht angegeben werden, da die Werte von den jeweiligen Tagesbedingungen abhängen (Regen, Wind, Temperaturschichtung ...).

1	Liezen:	Lage am Talboden, Bezirkshauptstadt, hohe Verkehrsbelastung, höhere Niederschläge, wenig Industrie
	Zeltweg:	Lage in einem inversionsanfälligen Becken, viel Industrie im Becken, weniger Niederschläge, höhere Bevölkerungsdichte
2	Hartberg:	Bezirkshauptstadt mit Bevölkerungsagglomeration, Verkehr und Industrie
	Bockberg:	Station auf einem Hügel, mitten im Grünen, fern von städtischen Bereichen, nahe einer Autobahn, in wenigen Kilometern Entfernung Krafwerke
3	Judenburg:	Bezirkshauptstadt mit Bevölkerungsagglomeration, Verkehr und Industrie, Lage in einem inversionsanfälligen Becken
	Masenberg:	Höhenstation in der Oststeiermark, fern von städtischen Bereichen, höhere Niederschläge als in Judenburg
4	Knittelfeld:	Bevölkerungsagglomeration in einem inversionsanfälligen Becken
	Mürzzuschlag:	Bevölkerungsagglomeration in einem Tal, höhere Niederschläge als in Knittelfeld
5	Köflach:	Bevölkerungsagglomeration in einem inversionsanfälligen Becken, Industrie
	Graz-West:	Landeshauptstadt mit Bevölkerungsagglomeration, viel Verkehr, geringere Niederschläge als in Köflach
6	Fürstenfeld:	Stadt mit mittlerer Bevölkerungsdichte, sehr geringe Niederschläge
	Gratwein:	Lage in einem Becken, Station zwischen Wiesen und Einfamilienhäusern
7	Kapfenberg:	höhere Bevölkerungsdichte als in Voitsberg, viel Industrie
	Voitsberg:	Bezirkshauptstadt mit Bevölkerungsagglomeration, Verkehr und Industrie, Lage in einem inversionsanfälligen Becken
8	Graz-Mitte:	Lage im Grazer Becken, Station mitten in der Innenstadt, verkehrsnah
	Graz-Süd:	Lage im Grazer Becken, um die Station Einfamilienhäuser und Gewerbe
9	Judendorf:	Lage in einem inversionsanfälligen Becken mit naher Industrie
	Bruck/Mur:	Bezirkshauptstadt mit hoher Bevölkerungsdichte, Verkehr, Industrie
10	Weiz:	Bezirkshauptstadt mit dementsprechender Bevölkerungsdichte, Verkehr, Industrie
	Leibnitz:	Bezirkshauptstadt mit dementsprechender Bevölkerungsdichte, Verkehr, Industrie, etwas geringere Niederschläge als Weiz
11	Deutschlandsberg:	Bezirkshauptstadt mit dementsprechender Bevölkerungsdichte, Verkehr, Industrie
	Graz-Lustbühel:	erhöhte Lage im Osten von Graz, umgeben von Wald und Wiesen
12	Graz-Don Bosco:	war oft die höchst belastete Station der Steiermark, viel Verkehr
	Leoben:	Bezirkshauptstadt mit hoher Bevölkerungsdichte, Verkehr, Industrie

Feinstaub-Toto-Schein

Setz auf weniger		Feinstaub TOTO	
Liezen Zeltweg	1 1 2 X	Köflach Graz-West	5 1 2 X
Judendorf Bruck/Mur	9 1 2 X		
Hartberg Bockberg	2 1 2 X	Fürstenfeld Gratwein	6 1 2 X
Weiz Leibnitz	10 1 2 X		
Judenburg Masenberg	3 1 2 X	Kapfenberg Voitsberg	7 1 2 X
Deutschlandsberg Graz-Lustbühel	11 1 2 X		
Knittelfeld Mürzzuschlag	4 1 2 X	Graz-Mitte Graz-Süd	8 1 2 X
Graz-Don Bosco Leoben	12 1 2 X		
WERTWETTE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) WERT 1: : WERT 3: : WERT 2: : WERT 4: :			
Dein Name:			

Setz auf weniger		Feinstaub TOTO	
Liezen Zeltweg	1 1 2 X	Köflach Graz-West	5 1 2 X
Judendorf Bruck/Mur	9 1 2 X		
Hartberg Bockberg	2 1 2 X	Fürstenfeld Gratwein	6 1 2 X
Weiz Leibnitz	10 1 2 X		
Judenburg Masenberg	3 1 2 X	Kapfenberg Voitsberg	7 1 2 X
Deutschlandsberg Graz-Lustbühel	11 1 2 X		
Knittelfeld Mürzzuschlag	4 1 2 X	Graz-Mitte Graz-Süd	8 1 2 X
Graz-Don Bosco Leoben	12 1 2 X		
WERTWETTE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) WERT 1: : WERT 3: : WERT 2: : WERT 4: :			
Dein Name:			