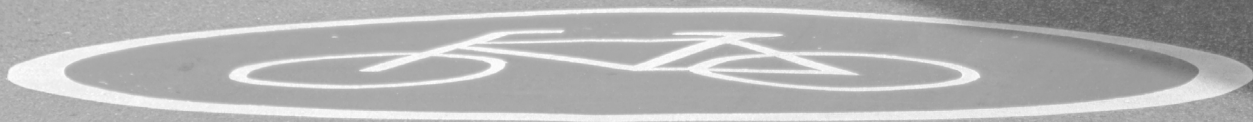


# ILEK<sup>LAB</sup>

[des]information

Stuttgart - Stadt der Mobilität  
Verkehrsbedingte Luftverschmutzung

Beatrice Felix



Ein Projekt im Wintersemester 2016 | 2017 am:

# **ILEK**

Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren  
Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Arch. Irina Auernhammer

Dipl.-Ing. Malte Gröner

Abbildungen und Fotos: © Beatrice Felix

Satz und Layout: Beatrice Felix

# [des]information

Inhaltsverzeichnis

Stuttgart - Stadt der Mobilität  
Verkehrsbedingte Luftverschmutzung

04.....	Einleitung
05.....	Herausforderung
06.....	Luftschadstoffe auf einen Blick /Feinstaub (PM) und Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )
16.....	Maßnahmen /Luftreinhaltungskonzept Stuttgart /Verkehrsentwicklungskonzept Stuttgart 2030
19.....	Blick über den Kesselrand
23.....	Szenario
25.....	Fazit
26.....	Literatur- und Bildquellen

# [des]information

## Einleitung

3.368 Verkehrstote

47.000 Todesfälle durch Feinstaub [1]

Bei dem Gedanken an schlechte Luftqualität weist man gerne mit den Fingern von sich, in Richtung asiatischer Raum. Megacities wie Peking sorgen durch Negativschlagzeilen bezüglich der Luftverschmutzung für mediale Aufmerksamkeit. Luftverschmutzung ist jedoch längst ein weltweit zentrales Problem geworden. Circa 92% der in Städten wohnenden Menschen atmen verschmutzte, gesundheitsschädigende Luft ein.<sup>[2]</sup> Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und Haushalte sind meist die Hauptverursacher für die schlechte Luftqualität. Die Verteilung variiert je nach Ausgangssituation des jeweiligen Standorts. In deutschen Ballungsräumen sind meist Straßenverkehr und Haushalte Hauptquellen von zu hohen Schadstoffemissionen. Seit 2008 leben erstmals weltweit mehr Menschen in Städten als auf dem Land. Extrem viele Menschen sind daher von der städtischen Luftschadstoffemission betroffen.

Die Landeshauptstadt Stuttgart ist als Automobilstandort international bekannt. Hauptemissionsquelle der Luftschadstoffe ist der Verkehr. Die Grenzwerte zur Luftreinhaltung, vor allem im Hinblick auf Feinstaub und Stickstoffdioxid, werden seit 2005 beziehungsweise 2010 kontinuierlich überschritten. Verschlechtert wird die Situation durch die aus der Kessellage resultierende Inversionswetterlage. Stuttgart löst am 18. Januar 2016 den deutschlandweit ersten Feinstaub-Alarm aus. Die ersten Maßnahmen basieren auf freiwilliger Partizipation und Informationen über die aktuelle Luftqualität in Stuttgart. Rund 3% der Stuttgarter haben ihr Mobilitätsverhalten während des Feinstaub-Alarmes geändert indem sie auf emissionsarme Verkehrsmittel umgestiegen sind. Luftqualität ist ein komplexes, vielseitiges Thema, welches Hintergrundwissen voraussetzt. Oftmals werden die Auswirkungen schlechter Luftqualität nicht ernst genommen oder durch mangelnde oder fehlende Informationen verfälscht.

Quellen:

[1] Umweltbundesamt, Stand Deutschland 2013, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/feinstaub-stickstoffdioxid-belasten-auch-2013>.

[2] World Health Organisation, unter <http://breatheLife2030.org/>.

# HERAUSFORDERUNG

## FEINSTAUBALARM IN STUTTART

Fußgänger	26%
Fahrrad	5%
ÖPNV	24%
MIV	45%

Modal Split, 2010  
[Datengrundlage:  
VEK2030 Stuttgart]

Kessellage

Stress

Parkplatzmangel



Abgase

73h Stau, 2015\*  
verkehrsreichste  
Stadt Deutschlands

[Datengrundlage: Inrix]  
\*pro Fahrer im Jahr 2015

Automobilstandort

Ø 1,1 Personen pro Auto

Demographiewandel

hoher Motorisierungsgrad

Gentrifizierung

Mietpreise

dicht besiedelter Wohnraum  
2.850 Einwohner pro km<sup>2</sup>

Lärm

Der Modal Split zeigt die Verteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsmittel. Im Jahr 2010 lag der Anteil des motorisierten Individualverkehrs (kurz MIV) in Stuttgart bereits bei 45%, Tendenz steigend. Der Motorisierungsgrad liegt bei rund 555 privaten PKW pro 1000 Einwohner und ist damit deutschlandweit gesehen verhältnismäßig hoch. Die tägliche Verkehrsstärke im Talkessel liegt bei rund 827.000 Kraftfahrzeugen (Stand 2011). Stuttgart ist durch die Kessellage stark betroffen von der Inversionswetterlage. Das bedeutet, dass mit steigender Höhe die Temperaturen nicht abnehmen, sondern steigen (Inversion, lateinisch inversio: Umkehrung). Dadurch entsteht eine Sperrschicht, die den vertikalen Luftaustausch verhindert. Resultierend können Schadstoffe nicht aus dem Talkessel entweichen und die Luftschadstoffbelastung konzentriert sich in der Innenstadt.

Quellen:  
siehe Verzeichnis

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK

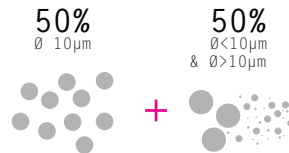
## WAS IST FEINSTAUB?

**PM10** → Durchmesser des Partikels in Mikrometern [µm]  
↓  
engl. particulate matter

\*PM10 entspricht einer Partikelgröße von einem Hundertstel der Dicke eines menschlichen Haares.

Das Ausmaß der Luftschadstoffbelastung in Stuttgart wird oftmals als wenig relevant eingestuft. Die uns betreffenden Luftschadstoffe sind sowohl geruchlos als auch mit bloßen Auge nicht sichtbar. Hinzu kommt, dass oftmals nur ein kleiner Teil der Problematik beleuchtet wird. Bei den gemessenen Tagesmittelwerten für Feinstaub handelt es sich um PM10, also Partikel, die nicht unmittelbar lungengängig sind. Kleinere Partikel

werden nicht gemessen, lediglich PM2,5 im Jahresmittel. Diese stellen die für den Menschen gesundheitsschädigende Belastung dar. Was oftmals nicht erwähnt wird ist, dass die Bezeichnung für die Staubfraktion PM10 lediglich zu 50% aus Teilchen mit einem Durchmesser von 10µm bestehen muss. Der Rest ist eine Mischung aus einem höheren Anteil kleinerer Teilchen (lungengängig) und einem niedrigen Anteil größerer Teilchen. Die gesundheitsschädliche Partikelgröße PM2,5 ist somit eine Teilmenge von PM10.<sup>[3]</sup>



Zusammensetzung Staubfraktion PM10

Eine weitere Unterteilung des Feinstaubes erfolgt hinsichtlich der Entstehungsquelle der Partikel. Feinstäube, die direkt aus der Quelle entstehen, nennt man **primäre Feinstäube**. Hier wird weiterhin unterschieden zwischen natürlichen Quellen (beispielsweise Vulkaneev, Bodenerosion oder Wald- und Buschfeuer, u.v.m.) und vom Menschen geschaffene, anthropogene Quellen (wie beispielsweise Heizungen, Tierhaltung, Straßenverkehr oder bestimmte Industrieprozesse).

Feinstäube, die aus komplexen, chemischen Reaktionen in der Atmosphäre aus gasförmigen Substanzen (siehe Grafik unten) entstehen, nennt man **sekundäre Feinstäube**.<sup>[4]</sup>

Stickstoff-oxid	Ammoniak	Kohlenwasserstoff	Schwefel
-----------------	----------	-------------------	----------

Sekundärfeinstaub verursachende Gase

Quellen:

[3] Umweltbundesamt, Feinstaub (PM10). <http://www.umweltbundesamt.at/pm10/>.

[4] Umweltbundesamt, Aus welchen Quellen stammt Feinstaub?. <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/aus-welchen-quellen-stammt-feinstaub>.

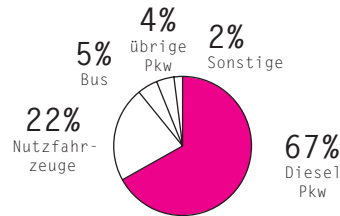
# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK

## WAS IST STICKSTOFFDIOXID?

Der Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) zählt neben Stickstoffmonoxid (NO) zu den Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>). Neben Kraftwerken und Feuerungsanlagen stellt der Kfz-Verkehr (inklusive Flugverkehr) eine der wichtigsten Quellen dieser Verbindungen in der Umwelt dar. Stickstoffdioxide entstehen als Nebenprodukte bei Verbrennungsvorgängen von fossilen Brennstoffen wie Benzin oder Diesel und befinden sich in den Abgasen.

Freigesetzt wird zunächst überwiegend Stickstoffmonoxid. Durch weitere Oxidation in der Atmosphäre entsteht daraus Stickstoffdioxid. Je nach Tages- und Jahreszeit sowie der Ozonkonzentration variiert die Umwandlungszeit. Im Gegensatz zum Feinstaub, der vor allem im Winter durch die Inversionswetterlage und die fehlende Luftzirkulation die Grenzwerte überschreitet,

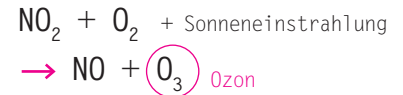
erfolgt die Umwandlung von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid im Sommer und tagsüber wesentlich schneller als im Winter beziehungsweise nachts.



Gesamtstickstoffdioxidbelastung  
Deutschland Stand 2016 <sup>[6]</sup>

Stickstoffoxide in Rauch- und Abgasen galten lange als gesundheitlich unbedenklich. Tatsächlich treten erst bei sehr hohen Konzentrationen Vergiftungserscheinungen beim Menschen auf. Aufgrund der Löslichkeit in Wasser

greifen aber bereits bei normaler Atmung niedrige Konzentrationen die Schleimhäute an. Je länger man eine erhöhte Konzentration einatmet, desto höher wird das Risiko einer chronischen Bronchitis oder auch Atemwegsinfektionen. Auch für Pflanzen können Stickstoffoxide schädlich sein.



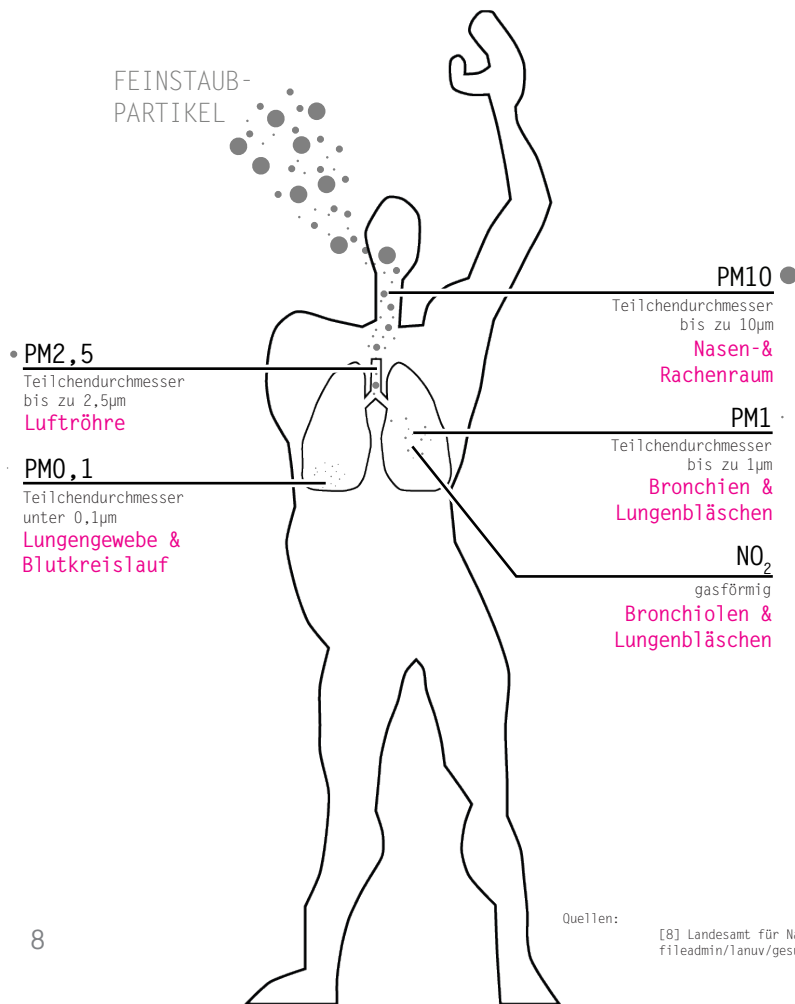
Stickstoffdioxide reagieren mit Sauerstoffatomen unter dem Einfluss von Sonnenlicht zu sogenannten sekundären Schadstoffen wie Ozon. Ozon ist ein giftiges, unsichtbares Gas, welches Augen, Schleimhäute und vor allem Atemwege gravierend schädigen kann. Ozon kann im menschlichen Körper bis in die Lunge eindringen und dort Ödeme, also Flüssigkeitsablagerungen bilden.<sup>[7]</sup>

Quellen:

[6] Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/stickstoffoxide>.

[7] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, [http://www.lanuv.nrw.de/ft1admin/lanuv/gesundheitschadstoffe/gesundheitsliche\\_wirkungen.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/ft1admin/lanuv/gesundheitschadstoffe/gesundheitsliche_wirkungen.pdf).

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK

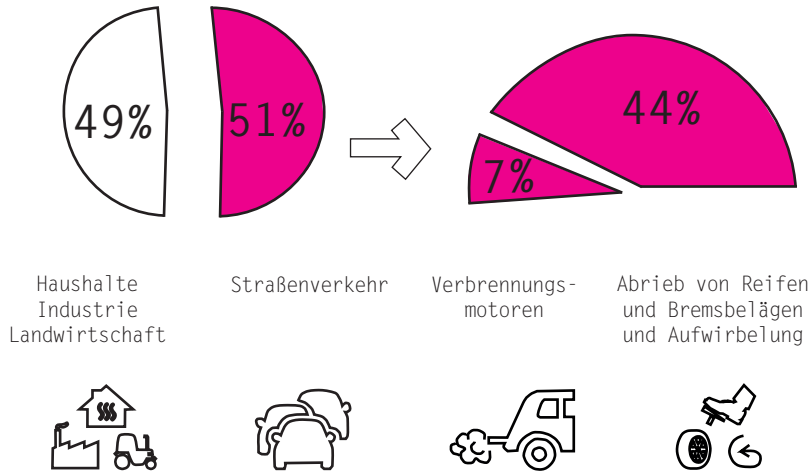


Feinstaub (auch Schwebstaub, Aerosole) ist ein komplexes Gemisch aus festen und flüssigen Bestandteilen, das sich gasähnlich in der Umwelt verteilt. Die Partikel variieren in ihrer chemischen Zusammensetzung, der Quelle und der Partikelgröße. Hinsichtlich der Partikelgrößen wird der Feinstaub in vier Kategorien unterteilt - PM<sub>10</sub> PM<sub>2,5</sub> PM<sub>1</sub> PM<sub>0,1</sub>. Je nach Größe unterscheiden sich die Partikel in der Eindringtiefe und den resultierenden gesundheitlichen Risiken. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer dringen sie in den menschlichen Organismus ein und lagern sich dort irreversibel ab. Dadurch können Krankheiten wie Bronchitis, Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Lungenerkrankungen ausgelöst werden. Einzelne Bestandteile des Feinstaubes, wie Rußpartikel, sind nachweislich als kanzerogen eingestuft. Stickstoffdioxide sind ebenfalls gesundheitsschädigend. Sie werden hauptsächlich über Inhalation in den Körper aufgenommen und gelangen dort aufgrund der geringen Größe bis in die Bronchiolen und Lungenbläschen. Vor allem bei Asthmatikern können sich Bronchokonstriktionen, d.h. Verengungen der Bronchien einstellen.<sup>[8]</sup>

[8] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, [http://www.lanuv.nrw.de/fitleadmin/lanuv/gesundheits/schadstoffe/gesundheitsliche\\_wirkungen.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fitleadmin/lanuv/gesundheits/schadstoffe/gesundheitsliche_wirkungen.pdf).



# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK



Gesamtfeinstaubbelastung Stuttgart, Neckartor

Quellen:

[9] Stadtklima Stuttgart, [https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft\\_messtagen\\_feinstaubwerte](https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_messtagen_feinstaubwerte).

Die Feinstaubbelastung am Stuttgarter Neckartor verteilt sich zu 51% auf den Straßenverkehr. Bei genauerer Betrachtung der durch den Straßenverkehr hervorgehenden Belastung erkennt man, dass rund 7% der Emissionen aus Verbrennungsmotoren (hauptsächlich Dieselmotoren) hervorgehen. Den prozentual größeren Anteil mit rund 44% machen Abriebe von Reifen und Bremsbelägen sowie die Aufwirbelung des bereits auf der Straßenoberfläche liegenden Feinstaubes aus. Auch das Anfahren und Abbremsen verstärkt diese Emissionen deutlich stärker als ein stehendes Auto mit laufendem Motor (Stau). Die nebenstehende Aufteilung des Feinstaubes ist kritisch zu betrachten, da es sich um eine Modelrechnung handelt. Feinstaub verteilt sich, anders als der Name es erahnen lässt, gasähnlich und kann daher nicht lokal erfasst werden. Die Gewichtung der Aufteilung lässt trotz allem erkennen, dass ein bloßer Umstieg von konventionell betriebenen Autos auf Elektromobilität ohne die Umsetzung weiterer Maßnahmen nur eine geringere Verbesserung hinsichtlich der Feinstaubbelastung mit sich bringt.<sup>[9]</sup>

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK

## Grenzwerte für Feinstaub (PM10) ●

50µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel  
maximal 35 Überschreitungen pro Jahr  
von WHO empfohlen: max. 3 Überschreitungen  
bzw.  
40µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel  
von WHO empfohlen: 20µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel

[gültig seit 01.01.2005]

## Grenzwerte für Feinstaub (PM2,5) ●

25µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel  
von WHO empfohlen: 10µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel

[gültig seit 01.01.2005]

## Grenzwerte für Stickoxid (NOx)

200µg/m<sup>3</sup> im Stundengrenzwert  
maximal 18 Überschreitungen pro Jahr  
bzw.  
40µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel  
von WHO empfohlen: 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel

[gültig seit 01.01.2010]

Innerhalb der Europäischen Union existieren einheitliche Grenzwerte zur Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität. Grundlage hierzu bildet die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG). Die Luftschadstoffbelastungen haben bis Ende der 1990er Jahre abgenommen und stagnieren seitdem.

Ab dem Jahr 2020 soll ein weiterer Grenzwert für Feinstaub der Partikelgröße PM2,5 gelten, der 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittelwert festlegt.

Die Gefahr, die tatsächlich von den Schadstoffen ausgeht, ist schwer einzuschätzen. Die Grenzwerte sind eine vage Annäherung an einen gesundheitsunbedenklichen Belastungswert. Dabei bleibt unklar, ab wann die Schadstoffe tatsächlich gesundheitlich unbedenklich sind.

Quellen:

[10] Umweltbundesamt, Luftqualität 2015: Auswertung der Feinstaubwerte, Stand Dezember 2016, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub>

## Feinstaub PM 10 Emissionen 2015

374

Anzahl deutschlandweite Messstationen

371 → 99%

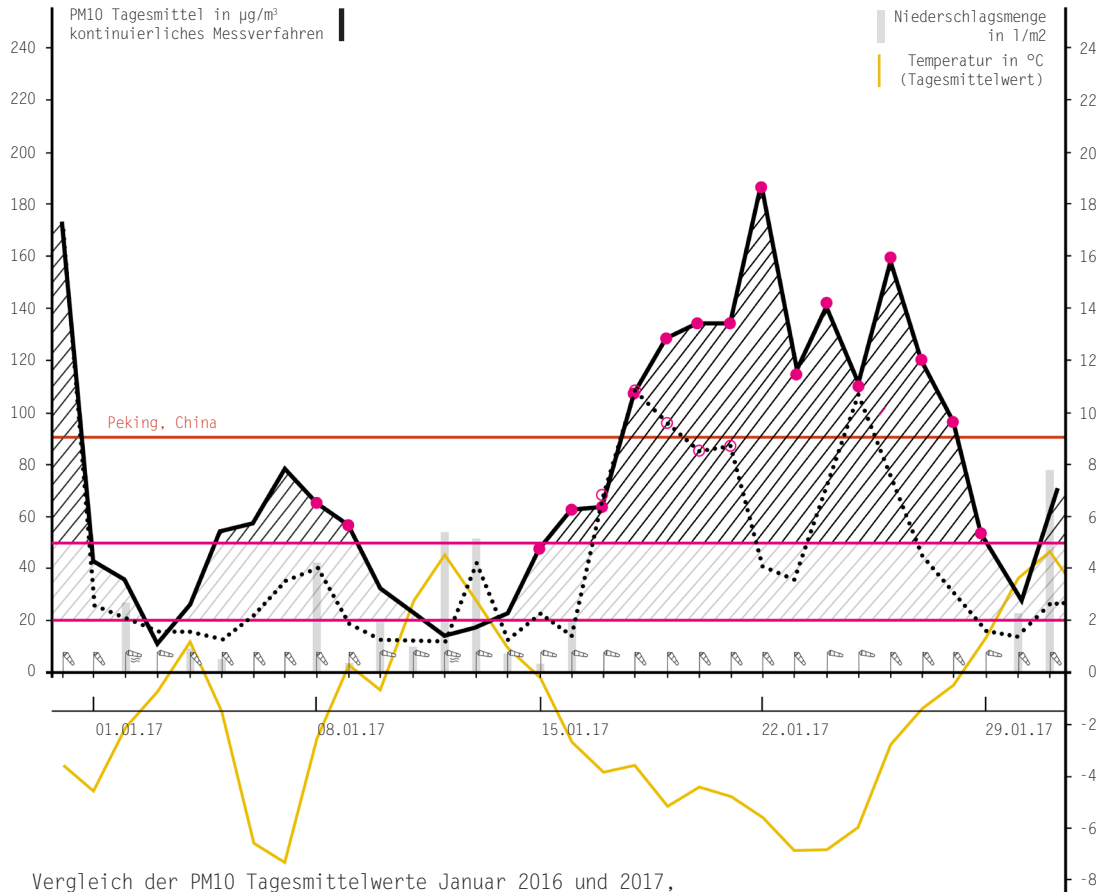
Anzahl deutschlandweite Messstationen, die die von der WHO empfohlene Maximalbelastung von 50µg/m<sup>3</sup> eingehalten haben.

85 → 23%

Anzahl deutschlandweite Messstationen, die die von der WHO empfohlene Maximalbelastung eingehalten haben.

Die PM10 Tagesmittelgrenzwerte wurden im Jahr 2015 deutschlandweit gesehen nur von drei Städten (Stuttgart, Weimar und Berlin) überschritten. Den von der WHO empfohlenen PM10 Grenzwert von maximal drei Überschreitungen haben 289 Städte überschritten.<sup>[10]</sup>

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK



**LEGENDE**

**JANUAR 2017**

- Anzahl Überschreitungstage der Tagesmittelgrenzwerte kontinuierliches Messverfahren,  $\Sigma 20$
- Tage mit Feinstaub-Alarm,  $\Sigma 17$

**JANUAR 2016**

- Tagesmittelgrenzwerte kontinuierliches Messverfahren
- Anzahl Überschreitungstage kontinuierliches Messverfahren,  $\Sigma 10$
- Tage mit Feinstaub-Alarm Januar 2016,  $\Sigma 5$

Wetterkartensymbole

- geringer Wind: bis 9km/h
- leichter Wind: bis 19km/h
- schwacher Wind: bis 28km/h

4 Tagesmittelgrenzwert  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$

2 von WHO empfohlener Tagesmittelgrenzwert  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$

\*PM<sub>2,5</sub> Jahresmittelwert Peking, China, 2013  $90,1\mu\text{g}/\text{m}^3$

Vergleich der PM10 Tagesmittelwerte Januar 2016 und 2017, Messtation: Stuttgart, Am Neckartor<sup>[1]</sup>

Quellen:

[1] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, <http://www.zvw.de/media.pdf?file=611fcc6b-8d25-484f-b4c1-603ecfac939f.original.media>.

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK

Feinstaubpartikel und Stickstoffdioxide können mit bloßem Auge nicht gesehen werden, da sie maximal so groß wie Bakterien sind. Daher ist es umso wichtiger die Schadstoffe zu messen und die Daten transparent und verständlich darzulegen. Oft wird eine Luftverschmutzung erst dann als solche ernst genommen, wenn gut sichtbar riechbarer Staub entsteht, wie beispielsweise bei Baustellen oder durch Streusplitt. Hierbei handelt es sich allerdings zum Großteil um Grobstaub, der von Nasenhärchen oder Schleimhäuten aufgefangen wird. Feinstaub der Partikelgröße PM<sub>2,5</sub> kann durch die geringe Größe Tage bis Wochen in der Atmosphäre verweilen und damit einhergehend Transportdistanzen von bis zu 1.000km zurücklegen. Feinstaub stellt dadurch kein lokales, sondern ein national und international relevantes Problem dar. Luft kennt keine Grenzen. Eine erhöhte Feinstaubbelastung

entsteht oftmals auch aufgrund des Ausfallens von Niederschlag. Stickstoffdioxide werden im Gegensatz zu Feinstaub bei Regen kaum ausgewaschen. Die Verweilzeit in der Atmosphäre liegt zwischen fünf bis sieben Tagen.<sup>[12]</sup>

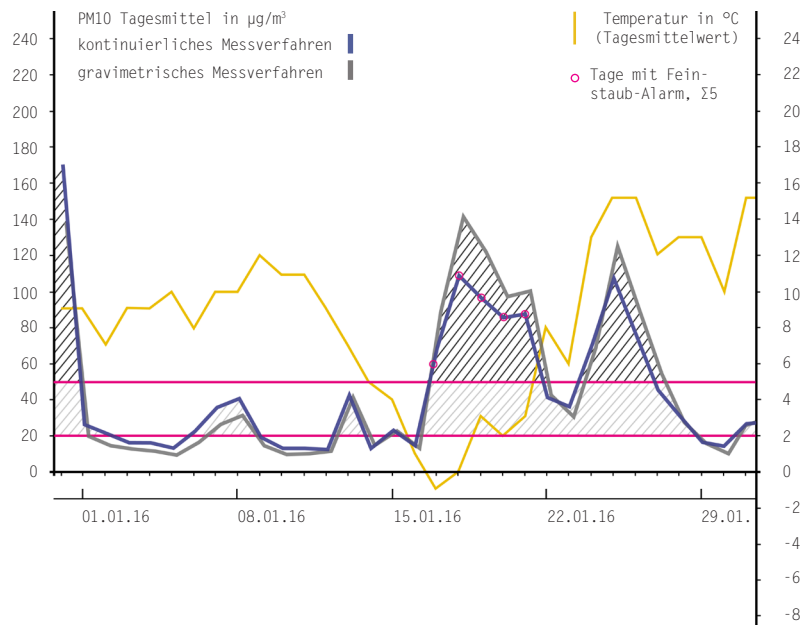
Die auf Seite 11 dargestellte Grafik zeigt die aktuellen Feinstaubtagesmittelwerte für PM<sub>10</sub> im Januar 2017 in Relation zu Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit auf. Zum Vergleich sind die Feinstaubwerte für PM<sub>10</sub> im Januar des Vorjahres dargestellt. Über die tägliche Verkehrsstärke kann aufgrund mangelnder Informationsgrundlage keine Aussage getroffen werden. Allerdings ist anzunehmen, dass diese werktags kontinuierlich verläuft und keine großen Schwankungen aufzeigt. Man kann von rund 827.000 Personenkraftwagen pro Tag im Talkessel ausgehen. Der Messwert am 01. Januar 2017 ist durch die hohe Schadstoffemission des Neu-

jahrsfeuerwerks mit 174µg/m<sup>3</sup> stark erhöht. Auffallend hohe Werte erreicht ebenfalls der 23. Januar 2017, der mit 188µg/m<sup>3</sup> die Neujahrsemissionen übertrifft. Zurückzuführen ist dies auf fehlenden Regen, Windarmut und extrem kalte Temperaturen zwischen minus 10,8°C und minus 3,0°C. Der Temperaturgraph ist gegenläufig zum PM<sub>10</sub> Tagesmittelwert. Je stärker die Temperatur sinkt, desto höher steigt die Schadstoffbelastung und umgekehrt. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass bisherige Maßnahmen, die Schadstoffbelastung zu reduzieren nur geringfügige Auswirkungen auf die tatsächliche Belastung haben. Größter Einflussfaktor bleibt das Wetter. Das Wetter kann man allerdings nicht beeinflussen. Was sich ändern lässt, ist unser Mobilitätsverhalten während der Inversionswetterlage. Um die Luftreinhalte selbst kontrollieren zu können, müssen wir anfangen die Maßnahmen an den Quellen, also dem Autoverkehr anzusetzen, nicht an den Symptomen.

Quellen:

[12] Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/feinstaub>.

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK



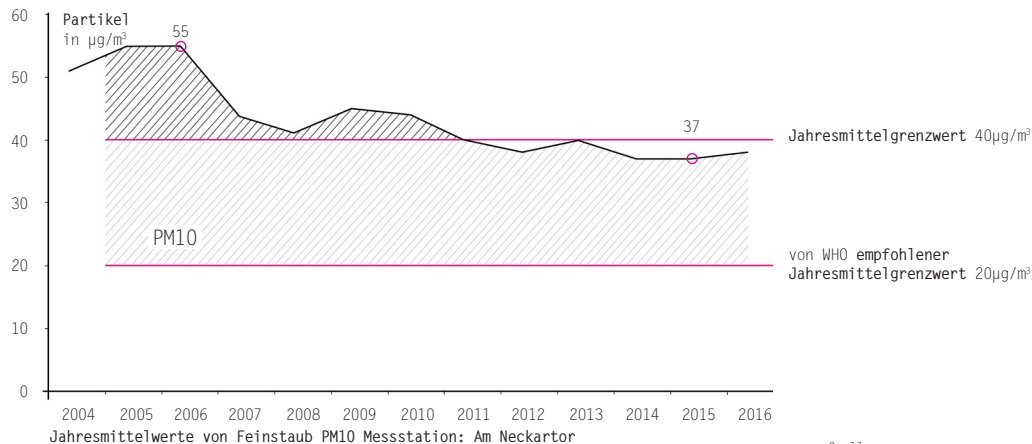
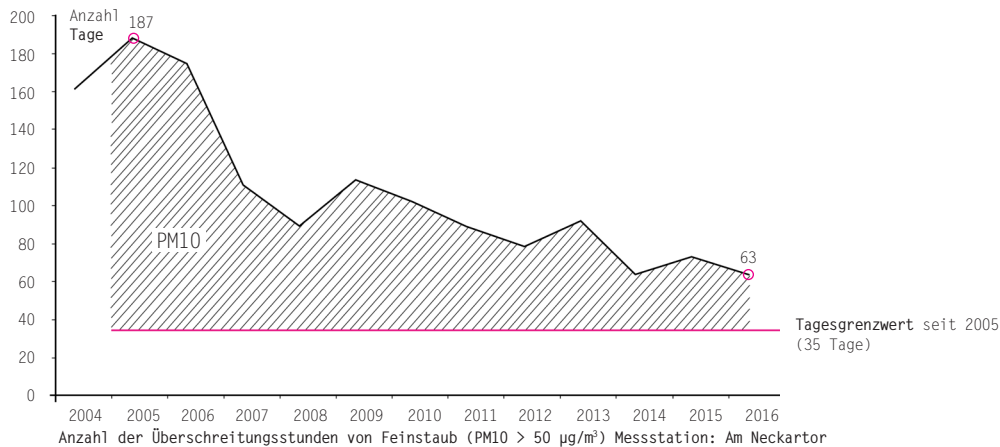
PM10 Tagesmittelwerte Januar 2016 Messstation: Stuttgart, Am Neckartor<sup>[13]</sup>

Quellen:

[13] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, [https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima\\_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-November-2016\\_k.pdf](https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-November-2016_k.pdf).

Das kontinuierliche Messverfahren basiert auf vorläufigen Daten, die dadurch möglicherweise lückenhaft sein können. Das primäre Ziel ist eine schnelle Information der Öffentlichkeit. Die Partikel werden durch Lichtsensoren (Laser) erfasst. Das gravimetrische Messverfahren bestimmt die Masse der Partikel, also das Gewicht. Dieser Prozess ist ein europaweit gültiges Referenzverfahren. Der Nachteil ist, dass die gemessenen Daten erst nach etwa einem Monat vorliegen. Vergleicht man beide Messverfahren an der nebenstehenden Grafik, so ist ersichtlich, dass die Graphen geringfügig unterschiedliche Messwerte erfassen. Das kontinuierliche Messverfahren gerät aufgrund der Ungenauigkeit der Messungen oft in die Kontroverse. Viel entscheidender als exakte Messdaten ist allerdings sichtbar zu machen, wo es ein hohes oder niedriges Belastungsaufkommen gibt, um dann gezielte Maßnahmen an den Ursprungsquellen zu ergreifen. Die Tendenz der Belastung ist bei beiden Verfahren gleich.

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK



Die Überschreitungen der PM10 Feinstaub-Emissionen am Stuttgarter Neckartor haben sich von 187 Tagen im Jahr 2005 auf 63 Tage im Jahr 2016 reduziert. Trotz des Rückgangs der Überschreitungen um fast das Dreifache wird der Tagesgrenzwert der Europäischen Kommission von maximal 35 Tagen PM10 mit mehr als 50µg/m³ immer noch nicht eingehalten.

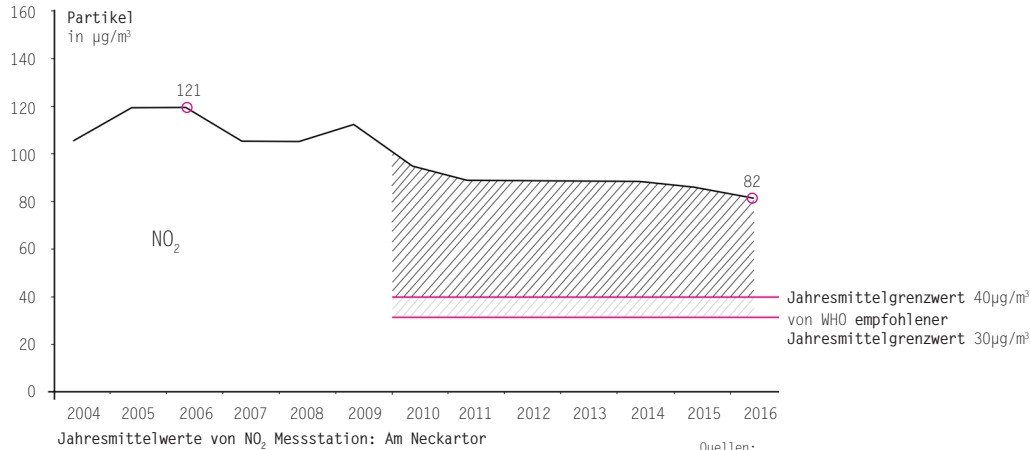
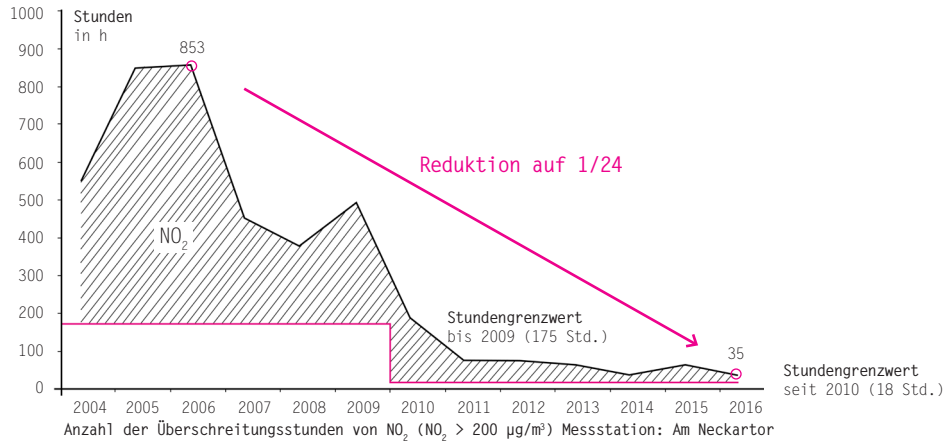
Die PM10 Feinstaub Jahresmittelwerte haben sich von 55µg/m³ im Jahr 2006 auf 37µg/m³ im Jahr 2015 verringert. 2016 ist der PM10 Jahresmittelgrenzwert geringfügig auf 38µg/m³ gestiegen. Das ist der erste Wiederanstieg des Jahresmittelgrenzwertes seit 2012.

Seit 2011 liegt der PM10 Jahresmittelgrenzwert erstmals unter dem Grenzwert der Europäischen Kommission. Der von der WHO empfohlene Jahresmittelgrenzwert von 20µg/m³ wird weiterhin überschritten.<sup>[14]</sup>

Quellen:

[14] [www.stadtlima-stuttgart.de](http://www.stadtlima-stuttgart.de), [https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima\\_filestorage/download/Luft/NO2-und-PM10\\_2004-2016.pdf](https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima_filestorage/download/Luft/NO2-und-PM10_2004-2016.pdf).

# LUFTSCHADSTOFFE AUF EINEN BLICK



Quellen:

Die Überschreitungen der Stickstoffdioxid Emissionen am Stuttgarter Neckartor haben sich von 853 Stunden im Jahr 2006 auf 35 Stunden im Jahr 2016 reduziert. Trotz allem wird der Stundengrenzwert der Europäischen Kommission, welcher eine Maximalüberschreitung von 18 Stunden NO<sub>2</sub> mit mehr als 200µg/m<sup>3</sup> im Jahr festlegt immer noch um fast das Doppelte überschritten.

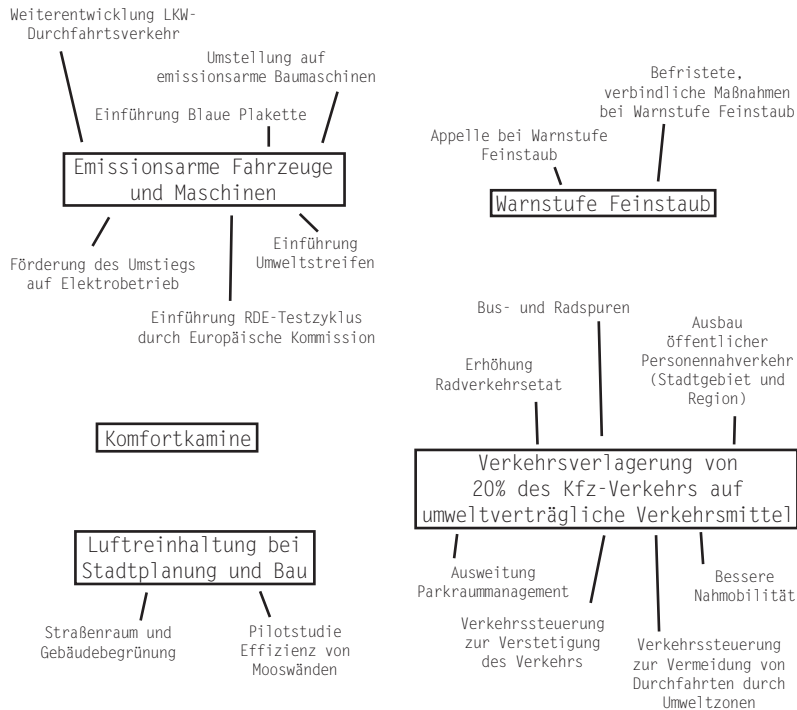
Die Stickstoffdioxid Jahresmittelwerte haben sich von 121µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2006 auf 82µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2016 verringert. Trotz des Rückgangs werden die Jahresmittelgrenzwerte um mehr als das Doppelte überschritten. Seit 2011 stagniert der Rückgang.

Obwohl sich die Überschreitungen des Stundengrenzwertes um mehr als ein 24-faches verringert haben, sinken die Jahresmittelwerte nur geringfügig.<sup>[15]</sup>

[15] [www.stadtlima-stuttgart.de](http://www.stadtlima-stuttgart.de), [https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima\\_fi1estorage/download/luft/NO2-und-PM10\\_2004-2016.pdf](https://www.stadtlima-stuttgart.de/stadtlima_fi1estorage/download/luft/NO2-und-PM10_2004-2016.pdf).

# MASSNAHMEN

Konzept Luftreinhaltung für die Landeshauptstadt Stuttgart kompakt  
Konkretisierende Stellungnahme für die Europäische Kommission



Ziel ist die Umsetzung der Maßnahmen zur Reduzierung der primären Feinstaubemissionen sowie die Einhaltung des PM10 Grenzwertes für 2020, einhergehend mit der Sicherstellung der Einhaltung bis 2021. Die Umsetzung der Maßnahmen zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen und die Einhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid bis 2021 sind zusätzliche Punkte.

Phase 1 dient der Sensibilisierung der Bevölkerung durch Informationen und Verhaltenshinweise (wie beispielsweise dem Feinstaub-Alarm) sowie der Intensivierung der bestehenden Maßnahmen.

Phase 2 soll ab Januar 2018 wirkungsvoll ergänzende und neue Maßnahmen umsetzen, um die Luftreinhaltung und die Einhaltung der Grenzwerte zu gewährleisten. Diese Maßnahmen bedürfen rechtlicher und verwaltungstechnischer Vorbereitung und Akzeptanz in der Bevölkerung. Die Maßnahmen sind in die nebenstehenden fünf Bereiche unterteilt.<sup>[16]</sup>

Quellen:

[16] Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Regierungspräsidium Stuttgart, Baden-Württemberg, [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mv1/Intern/Dateien/PDF/PM\\_Anhang/150727\\_Konzept\\_Luftreinhaltung\\_f%C3%BCr\\_die\\_Landeshauptstadt\\_Stuttgart\\_final.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mv1/Intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/150727_Konzept_Luftreinhaltung_f%C3%BCr_die_Landeshauptstadt_Stuttgart_final.pdf).



# MASSNAHMEN

## Das Verkehrsentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Stuttgart kompakt Ziele zukünftiger Mobilität

„Mit dem Verkehrsentwicklungskonzept- VEK 2030 legt die Landeshauptstadt Stuttgart die Leitlinien und Strategien für die Verkehrsplanung der nächsten Jahre vor. [...] Das übergeordnete Ziel muss es dabei sein, die Stärke des Wirtschaftsstandorts Stuttgart zu erhalten und gleichzeitig die Lebensqualität in dieser Stadt zu verbessern.“

Matthias Hahn  
Bürgermeister Städtebau & Umwelt

In zehn Kapiteln werden Handlungsrahmen und Strategien für die Verkehrsplanung der nächsten 13 Jahre gegliedert. Dies betrifft die Ziele zukünftiger Mobilität, eine integrierte Planung, ein Mobilitäts- und Verkehrsmanagement, die Verflüssigung des Verkehrs, die Organisation des Wirtschaftsverkehrs, den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs und die Stärkung des Rad- und Fußverkehrs.

Quellen:

[17] Landeshauptstadt Stuttgart Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung Abteilung Verkehrsplanung und Stadtgestaltung, <http://www.stuttgart.de/img/mbd/item/521819/110256.pdf>.

20% weniger konventionell- betriebene PKWs im Talkessel

Sicherung der mobilen Vielfalt



LKW Routen | Förderung der Schienen- und Schifftransporte



preisliche + komfortechnische Attraktivität | Pünktlichkeit | Zugänglichkeit | Präsenz



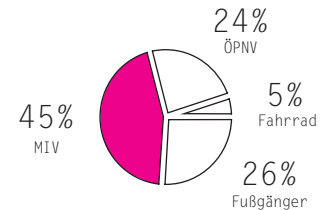
Ausbau des Netzes | Hauptrad- routen | Sicherheit | Abstell- möglichkeiten



höhere Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums | Wegeken- zeichnung | Sicherheit

Zielsetzungen bis 2030

Die zukünftige Mobilität soll sozial gerecht, umweltfreundlich und wirtschaftlich sein. Ein Schwerpunkt des Verkehrsentwicklungskonzeptes ist es, den Modal Split, also die Verteilung des Verkehrsaufkommens auf die Verkehrsmittel zu verlagern.



Modal Split, 2010

Durch den Ausbau von Rad- und Fußwegen und einer besseren Vernetzung der Stadtplanung soll die Attraktivität der sogenannten Slow Modes gesteigert werden und resultierend der Anteil des Radverkehrs von 5 Prozent auf 20 Prozent gesteigert werden. Die mobile Vielfalt soll weiterhin gesichert werden, indem alle Verkehrsmittel attraktiver gestaltet und ausgebaut werden sollen. Das Verkehrsentwicklungskonzept sieht keine Fahrverbote oder Ähnliches vor, sondern Optimierungen jedes Verkehrsmittels.<sup>[17]</sup>

# MASSNAHMEN

OK Lab Stuttgart

Feinstaubsensoren  
selbst bauen



Fußgänger	26%
Fahrrad	5%
ÖPNV	24%
MIV	45%

Modal Split, 2010  
[Datengrundlage:  
VEK2030 Stuttgart]



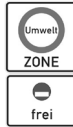
SSB Busse - Öko-Strom

dicht besiedelter Wohnraum  
2.850 Einwohner pro km<sup>2</sup>

Stadt der kurzen Wege

Free-Floating-Carsharing

Einführung Umweltzone  
keine LKW-Durchfahrt



vergünstigter ÖPNV  
bei Feinstaub-Alarm

Pilotprojekt Mooswand

Partizipationskultur

1. Feinstaubalarm Deutschlands

Critical Mass Stuttgart

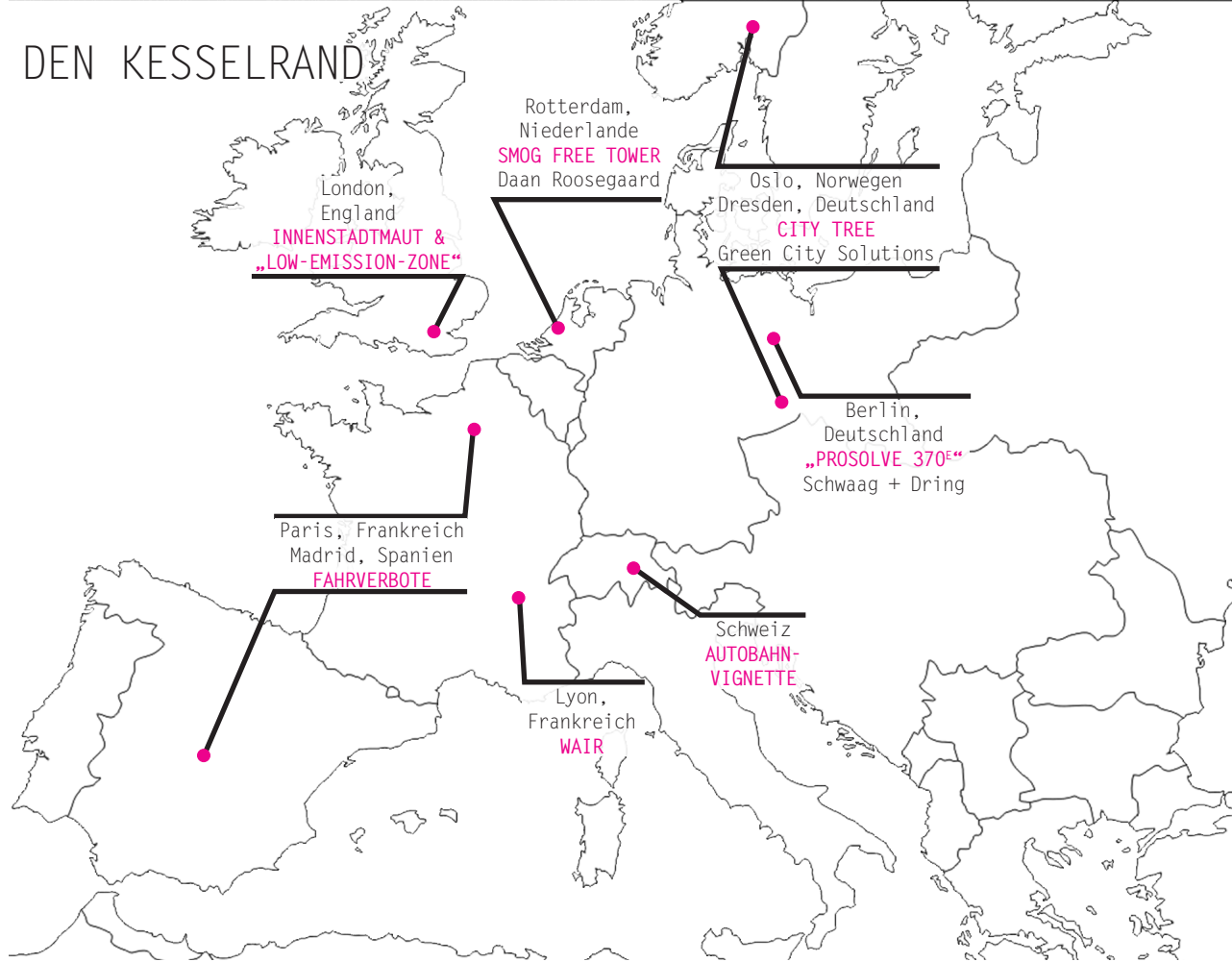


Stuttgart hat aufgrund des dicht besiedelten Wohnraums die Chance eine Stadt der kurzen Wege zu ermöglichen. Die Nahmobilität kann mit Slow Modes, also durch Fuß- und Radverkehr erschlossen werden. Allerdings ist die aktuelle Infrastruktur noch nicht optimal mit Radwegen und kurzen Fußgängerverbindungen erschließbar. Die Partizipationskultur in Stuttgart wächst immer mehr. Einmal im Monat findet die Critical Mass statt, eine Fahrradversammlung. Grundanliegen ist es, Aufmerksamkeit und sicheren Verkehrsraum für den Radverkehr zu gewinnen.

In Stuttgart befindet sich mit 500 batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugen die größte Elektroflotte Deutschlands. Realisiert wurde das Mobilitätskonzept Ende 2012 durch den Daimler-Konzern und die EnBW AG. Car2go ist ein flexibles Carsharing Konzept ohne feste Mietstationen.

Quellen:  
siehe Verzeichnis

# BLICK ÜBER DEN KESSELRAND



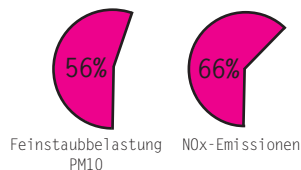
# BLICK ÜBER DEN KESSELRAND

## BERLIN, DEUTSCHLAND

Seit 01.01.2008 gilt in der Berliner Innenstadt die Umweltzone. Das hat zur Folge, dass innerhalb des S-Bahn-Ringes nur schadstoffarme Fahrzeuge fahren dürfen, welche durch die grüne Plakette gekennzeichnet sind. Dadurch soll die Luftbelastung vor allem durch Dieselruß, also Feinstaub, und Stickstoffdioxide reduziert werden. Fahrzeuge mit einem hohen Schadstoffausstoß ohne Plakette unterliegen einem Verkehrsverbot. Die Plakettenregelung gilt für Anlieger und Gewerbetreibende, wie auch für Touristen. Für Feinstaub der Partikelgröße PM10 hat eine Ursachenanalyse ergeben, dass lokale Maßnahmen die Gefahr der Grenzwertüberschreitung nur geringfügig beeinflussen können. Aus dem Umland herein transportierte Partikel machen einen zu hohen Anteil an der innerstädtischen Schadstoffbelastung aus.<sup>[18]</sup>

## PARIS, FRANKREICH

Auch Paris kämpft mit zu hohen Schadstoffemissionen. 56% der PM10 Feinstaubbelastung und 66% der Stickstoffdioxid Emissionen entstehen aus dem Straßenverkehr. Ab Februar 2018 sollen die Arrondissements 1, 2, 3 und 4 zu „Halbfußgängerzonen“ umgestaltet werden. Andere hochbelastete Straßen werden nur noch für „Ultra-Low-Emission-Fahrzeuge“ zugänglich sein. Ende des Jahres 2016 wurden erste Fahrverbote für gerade beziehungsweise ungerade Kennzeichen verhängt.<sup>[19]</sup>



Anteil Schadstoffbelastung durch Straßenverkehr in Paris, Stand 2014

Quellen:

[18] Luftreinhalte- und Aktionsplan Berlin, <http://www.berlin.de/umwelt/themen/luft/artikel.126067.php>.

[19] Paris, <http://www.zukunft-mobilitaet.net/94571/umwelt/paris-innenstadt-auto-autofrei-madrid-nox/>.

[20] London, <http://www.zukunft-mobilitaet.net/8166/analyse/london-folgen-innenstadtmaut-congestion-charge-tez/>.

## LONDON, ENGLAND

Seit Februar 2003 gilt eine gebietsabhängige Staugebühr, genannt 'congestion charge', in der Innenstadt Londons. Zwischen 7.00 - 18.00 Uhr wird für Kfz-Fahrzeuge, die in der Umweltzone einfahren, eine Gebühr in Höhe von £10 erhoben. Bei Nichtbezahlen droht eine Geldbuße. Resultierend sinken die PM10 Emissionen 2003 um rund 12 Prozent. Der öffentliche Nahverkehr erhält dadurch größeren Zuspruch und kann durch die Einnahmen der Innenstadtmaut mit besseren Motoren und Partikelfiltern ausgestattet werden. Durch die Gebühr wird zusätzlich der Ausbau von Bussen und U-Bahnen unterstützt. Im Februar 2008 führt London eine „Low-Emission-Zone“ ein. Das hat unter anderem zur Folge, dass größere Fahrzeuge, wie Linien- oder Reisebusse mindestens der Abgasnorm Euro-4 entsprechen müssen. Andernfalls muss eine Tagesgebühr von £100 gezahlt werden.<sup>[20]</sup>

# BLICK ÜBER DEN KESSELRAND

## Innovative Baustoffe



Das Berliner Büro 'elegant embellishments' leistet mit dem vorgehängten Fassadenmodul 'prosolve 370e' einen Lösungsansatz zur Luftschadstoffminimierung. Die Fassade wird mit Nano-Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) Pigmenten beschichtet. In Kombination mit Sonnenlicht und einer möglichst großen, komplexen Oberfläche wird Stickoxid aus der Luft gefiltert, gebunden und in Calciumnitrate umgewandelt. Bei Regen werden die Partikel abgespült und gelangen als Biodünger in den Boden.<sup>[21]</sup>

Quellen:

[21] prosolve370e, elegant embellishments, <http://www.elegantembellishments.net/home-1/>.

[22] Autobahn-Vignette, Schweiz, <https://www.adac-shop.de/Vignetten/Schweiz-Autobahn-Vignette.html>.

[23] Smog Free Tower, Studio Roosegaarde, <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-project/info/>.

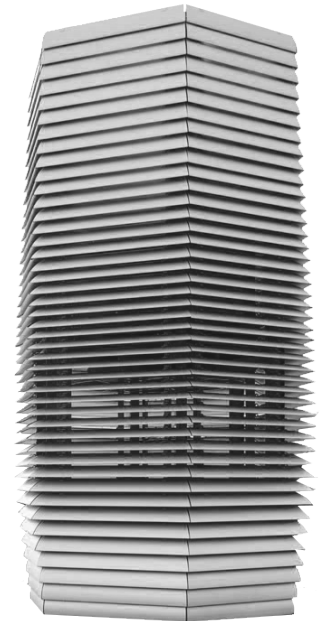
Der 'Smog Free Tower' von 'Studio Roosegaarde' aus Rotterdam, Niederlande ist 7m hoch x 3,5m breit und filtert pro Stunde rund 30.000 Kubikmeter Luft von  $\text{CO}_2$  Partikeln durch einen Ionisierungsprozess. Die gefilterten Partikel werden gesammelt und anschließend unter Druck zu Schmuckstücken wie Ringen gepresst.<sup>[23]</sup>

## Autobahn-Vignette



Autobahnen und Nationalstraßen in der Schweiz und in Österreich sind durch eine Gebühr in Form einer **Jahres-Vignette** benutzbar. Alle Fahrzeuge bis zu 3,5 Tonnen unterliegen der Vignettenpflicht.<sup>[22]</sup>

## Smog Free Tower



# BLICK ÜBER DEN KESSELRAND

## Blaue Plakette



Die 'blaue Plakette' kennzeichnet Fahrzeuge mit einem Schadstoff-Ausstoß von weniger als 80 Milligramm pro Kilometer Stickoxid. Vergeben wird diese im Wesentlichen an Diesel-Fahrzeuge die der Abgasnorm Euro-6 und Benzinere die dem Euro-3 Standard entsprechen.<sup>[24]</sup>

## Innovative Kleidung

'pure air, wairever you go'

Schadstoffpartikel sind oft so klein, dass sie durch gewöhnliche Textilien eingeatmet werden können. 'Wair' ist ein französisches Start-Up-Unternehmen mit Sitz in Lyon, das Kleidung mit Technologie kombiniert. Ein Schal mit integriertem Dreilagfilter soll Schadstoffpartikel, Gase und Bakterien bis zu einer Größe von 0,1µm filtern und somit die Lebensqualität im Straßenverkehr verbessern. Über die dazugehörige App 'Supairman' wird der Träger über die aktuelle Luftqualität informiert, sodass Wair optimal genutzt werden kann.<sup>[25]</sup>

Quellen:

[24] Die Blaue Plakette, <http://www.blaue-plakette.de/>.

[25] wair, <http://www.wair.fr/en/>.

[26] Freudenberg Sealing Technologies, Levitex, <https://levitex.fst.de/>.

[27] Green City Solutions, CityTree, <http://greencitysolutions.de/>.

## CityTree



'CityTree' von 'Green City Solutions' ist ein grünes Infrastrukturelement, das durch IoT-Technologie, einer Photovoltaikanlage, einer Pumpe und einem 1.400 Liter Wassertank selbstversorgend ist. Verschiedene Moosarten filtern Feinstaub, Kohlenstoffdioxid und Stickstoffoxide aus der Luft und verarbeiten diese zu Biomasse.<sup>[27]</sup>

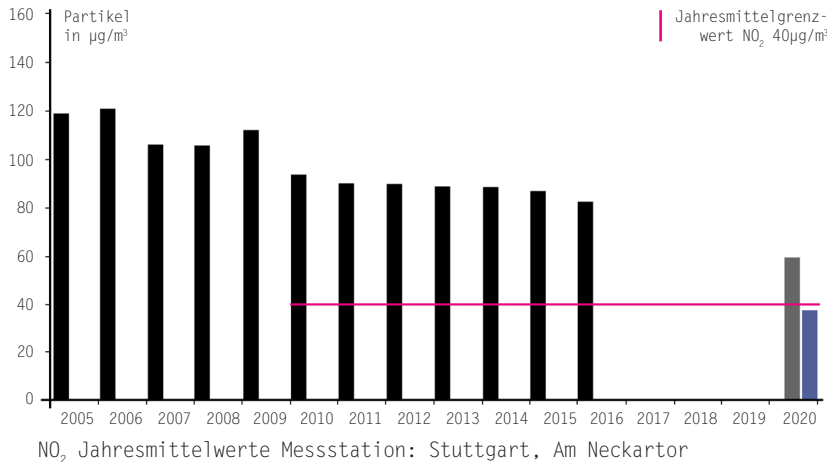
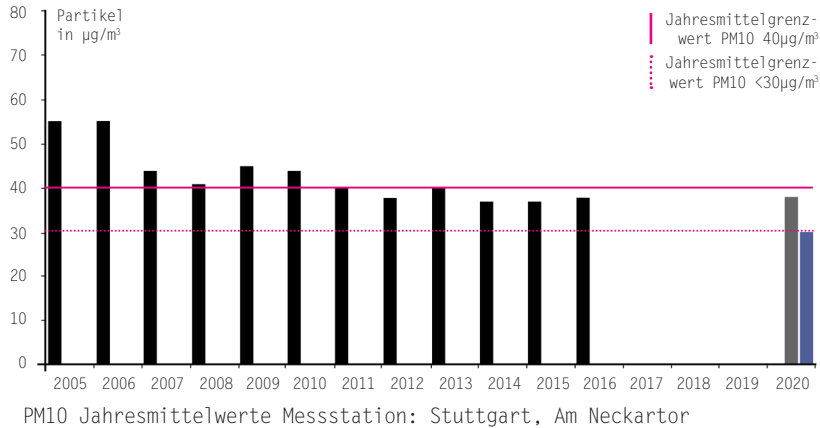
## Innovative Technik



'Levitex' ist eine reibungsfreie Dichtung, die ein Luftpolster erzeugt, welches den Motorraum abdichtet und so Reibungen um bis zu 90% und CO<sub>2</sub>-Emissionen um 0,5-1 Gramm pro Kilometer reduziert.<sup>[26]</sup>

Freudenberg Sealing Technologies

# SZENARIO



Quellen:

[28] Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Regierungspräsidium Stuttgart, Baden-Württemberg, [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM\\_Anhang/150727\\_Konzept\\_Luftreinhaltung\\_f%C3%BCR\\_die\\_Landeshauptstadt\\_Stuttgart\\_final.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/150727_Konzept_Luftreinhaltung_f%C3%BCR_die_Landeshauptstadt_Stuttgart_final.pdf).

Nach dem Gutachten „Wirkungsabschätzung weiterer Maßnahmen für den Ballungsraum Stuttgart“ der Aviso GmbH werden durch eine Kombination aus einer Verkehrsminderung um 20% und einer Beschränkung der Holzverbrennung die Grenzwerte für Feinstaub der Partikelgröße PM10 im Jahr 2020 eingehalten. Ohne diese Maßnahmen stagniert die Emission bei ungefähr  $37\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auch bei Stickstoffdioxid wäre eine Kombination aus einer Verkehrsminderung um 20% und der Einführung der blauen Umweltzone effektiv, um den zulässigen Jahresmittelgrenzwert nicht zu überschreiten. Die nebenstehende Grafik zeigt die bisherigen Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid Emissionen am Neckartor, die Immissionen 2020 im Trendfall (in grau) und bei Anwendung der oben genannten Maßnahmen (in blau). Ausgangslage des Modells ist die Annahme, dass die Belastungen an Sonntagen einer Verkehrsminderung von 20% entsprechen.<sup>[28]</sup>

## 20% weniger Kfz-Verkehr

Mit der Annahme, dass die heutige Belastung an Sonntagen einer Verkehrsverminderung von 20% entspricht ergibt sich für Feinstaub der Partikelgröße PM10 ein Jahresmittelwert von rund  $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit wird der jährliche Jahresmittelgrenzwert von  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  eingehalten. Um den von der WHO empfohlenen Jahresmittelgrenzwert von  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erreichen ist eine zusätzliche Maßnahme erforderlich. Die Annahme der sonntäglichen Jahresmittelbelastung von Stickstoffdioxid beträgt rund  $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dadurch wird der Jahresmittelgrenzwert von  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  immer noch überschritten. Um die Stickstoffdioxidbelastung wirksam zu reduzieren muss auch hier eine Kombination aus Maßnahmen wirksam gemacht werden. Eine bloße Verkehrsminderung reicht nicht aus, um die Grenzwerte der Europäischen Kommission langfristig zu unterschreiten.

## Keine privaten Feuerwerke

Die Initiative „stuttgart-holtluft.org“ plädiert auf einen freiwilligen Verzicht privater Silvesterfeuerwerke jeglicher Art. Am 01. Januar 2017 liegt die Feinstaubbelastung von PM10 aufgrund der Feuerwerkskörper bei Höchstwerten von  $174\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Statt der vielen privaten Feuerwerke soll es zukünftig ein zentrales Silvesterfeuerwerk pro Stadtteil geben, welches durch die Stadt, Spenden und Sponsoren finanziert wird. Dadurch soll neben der Vermeidung von Müll und Verletzungen sowie Bränden eine Minderung der Feinstaub Jahresmittelemissionen der Partikelgröße PM10 durch Kfz-Verkehr um bis zu 10% erfolgen. Am Beispiel von 2016 hätte dies eine Minderung des Jahresmittelgrenzwertes von  $37\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf rund  $33\mu\text{g}/\text{m}^3$  zur Folge. Der Grenzwert der Europäischen Kommission wird dadurch konsequenter unterschritten. <sup>[29]</sup>

Quellen:

[29] Sauerstoff statt Feuerwerk, <http://stuttgart-holt-luft.org/>.



# FAZIT

Die Luftschadstoffbelastung stellt uns vor große Herausforderungen. Mit den derzeitigen Grenzwerten für Feinstaub und Stickstoffdioxid und den bislang durchgesetzten „weichen“ Maßnahmen kann die Gesundheit der Menschen nicht ausreichend geschützt werden. Die Grenzwerte, die wir seit 2005 nahezu durchgehend überschreiten, sind laut Weltgesundheitsorganisation ungenügend, um eine gesundheitliche Gefahr ausschließen zu können. Mit den in Stuttgart bislang angestrebten Mitteln kann man die Grenzwerte der Europäischen Kommission nicht dauerhaft einhalten. Die größte Einflussquelle der Schadstoffbelastung im Winter bleibt das Wetter. Daher gilt es, Faktoren, die wir Menschen beeinflussen können, wie den Verkehr, so emissionsarm und gering wie möglich zu gestalten. Wir atmen jeden Tag unbewusst Schadstoffe ein, die langfristige im Körper eingelagert werden und unsere Le-

benserwartung und unsere Lebensqualität signifikant vermindern. Es reicht nicht, schwerwiegendere Maßnahmen erst ab 2018 einzuführen. Effektive Maßnahmen müssen kontinuierlich umgesetzt werden. Dabei gilt es nicht nur die Belastung durch Feinstaub, sondern auch durch Stickstoffdioxid zu berücksichtigen. Stuttgart hat gute Chancen sich als Automobilstandort durch die Förderung fortschrittlicher, emissionsarmer Mobilitätsformen, wie der Elektromobilität international zu renommieren und einhergehend die Luftqualität zu verbessern. Der erste, bereits eingeleitete Schritt zur Luftreinhaltung ist ein Verständnis der Einwohner zu schaffen, um Akzeptanz für die notwendigen Maßnahmen entstehen zu lassen. Dies kann nur auf Basis einer umfassenden, objektiven Informationsgrundlage realisiert werden, die die Situation kritisch beurteilt und Handlungsalternativen aufzeigt.

# QUELLEN

## WICHTIGE LINKS

[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)  
[www.stadtklima-stuttgart.de](http://www.stadtklima-stuttgart.de)  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)  
[www.stuttgart.de/feinstaubalarm/](http://www.stuttgart.de/feinstaubalarm/)  
[www.baden-wuerttemberg.de](http://www.baden-wuerttemberg.de)  
[www.zukunft-mobilitaet.net](http://www.zukunft-mobilitaet.net)  
<http://breathelife2030.org/the-issue/>  
<http://codefor.de/>  
<http://luftdaten.info/>

## LITERATURQUELLEN

**01** Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Wirkungen auf den Menschen, <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/18796/> (zuletzt abgerufen am 20.02.17).

**02** Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Stickstoffoxide, <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/18622/> (zuletzt abgerufen am 20.02.17).

**03** Umweltbundesamt, Luftqualität 2016: Stickstoffdioxid weiter Schadstoff Nummer 1, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2016-stickstoffdioxid-weiter> (zuletzt abgerufen am 18.02.17).

**04** Umweltbundesamt, Grenzwerte für den Schadstoff Feinstaub (PM10), [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/11\\_tab\\_grenzwerte-feinstaub\\_2016-11-15.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/11_tab_grenzwerte-feinstaub_2016-11-15.pdf) (zuletzt abgerufen am 18.02.17).

**05** Umweltbundesamt, Feinstaub (PM10) im Jahr 2016, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/358/dokumente/pm10\\_2016\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/358/dokumente/pm10_2016_0.pdf) (zu-

letzt abgerufen am 18.02.17).

**06** Wetter Januar 2016 Stuttgart, <http://www.schoeneswetter.com/wetterwuensche/wetter-2016/februar-2016/wetter-1-februar-2016.html> (zuletzt abgerufen am 09.02.17).

**07** Wetterrückblick der Region Stuttgart, [http://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick?id=DE0010287](http://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick?id=DE0010287) (zuletzt abgerufen am 09.02.17).

**08** Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Abteilung Verkehrsplanung und Stadtgestaltung, Das Verkehrsentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Stuttgart VEK2030, <http://www.stuttgart.de/img/mdb/item/521819/110256.pdf> (zuletzt abgerufen am 16.02.17).

**09** Landeshauptstadt Stuttgart, Abteilung Kommunikation, Aktionsplan Nachhaltig mobil in Stuttgart, <http://www.stuttgart.de/img/mdb/item/518335/93141.pdf> (zuletzt abgerufen am 16.02.17).

**10** Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr und Infrastruktur, Regierungspräsidium Stuttgart, Konzept Luftreinhaltung für die Landeshauptstadt Stuttgart, Konkretisierende Stellungnahme für die Europäische Kommission, [https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/Abt5/Ref541/Luftreinhalteplan/541\\_s\\_luft\\_stutt\\_konzept\\_2015.pdf](https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/Abt5/Ref541/Luftreinhalteplan/541_s_luft_stutt_konzept_2015.pdf) (zuletzt abgerufen am 21.02.17).

**11** Zukunft Mobilität, London: Die Folgen der Innenstadtaut und der Low Emission Zone, <http://www.zukunft-mobilitaet.net/8166/analyse/london-folgen-innenstadtaut-congestion-charge-lez/> (zu-

letzt abgerufen am 21.02.17).

**12** Luftreinhalte- und Aktionsplan Berlin, <http://www.berlin.de/umwelt/themen/luft/> (zuletzt abgerufen am 21.02.17).

**13** prosolve370e, [www.elegantembellishments.net](http://www.elegantembellishments.net) (zuletzt abgerufen am 09.02.17).

**14** Freudenberg Sealing Technologies, Levitex, <https://levitex.fst.de/> (zuletzt abgerufen am 09.02.17).

**15** Wair, pure air whatever you go, <http://www.wair.fr/> (zuletzt abgerufen am 17.02.17).

**16** Die Blaue Plakette, [www.blaue-plakette.de](http://www.blaue-plakette.de) (zuletzt abgerufen am 17.02.17).

**17** Stuttgart-holt-Luft, Sauerstoff statt Feuerwerk, <http://www.stuttgart-holt-luft.org/> (zuletzt abgerufen am 17.02.17).

**18** Studio Roosegaarde, Smog Free Tower, <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-project/info/> (zuletzt abgerufen am 17.02.17).

**19** Green City Solutions, CityTree, <http://greencitysolutions.de/#product> (zuletzt abgerufen am 17.02.17).

**20** Umweltbundesamt, Feinstaub in Megacities - Ein Thema mit essentieller Bedeutung für Millionen Menschen, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/420/dokumente/feinstaub\\_megacities.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/420/dokumente/feinstaub_megacities.pdf) (zuletzt abgerufen am 21.02.17).

# QUELLEN

## BILDQUELLEN

**A** Seite 5, Fernsehturm Stuttgart, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Fernsehturm\\_stuttgart.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Fernsehturm_stuttgart.jpg).

**B** Seite 5, Tagblatturm Stuttgart, <http://static.panoramio.com/photos/large/21593507.jpg>.

**C** Seite 5, 2 Ältere Herren im Gespräch, [http://www.archinoah.com/alpha\\_masked\\_images\\_and\\_silhouettes/humans/2\\_elderly\\_men\\_talking-masked\\_image-2152.html](http://www.archinoah.com/alpha_masked_images_and_silhouettes/humans/2_elderly_men_talking-masked_image-2152.html).

**D** Seite 8, Bildvorlage: Modulor Le Corbusier, <http://www.neermanfernand.com/images/corbu.jpg>.

**E** Seite 11, PM10 Tagesmittelwerte Januar 2017 Messstation: Stuttgart, Am Neckartor, Bildvorlage: [https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima\\_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-Februar-2017\\_k.pdf](https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-Februar-2017_k.pdf), [http://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick?id=DE0010287](http://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick?id=DE0010287).

**F** Seite 11, PM10 Tagesmittelwerte Januar 2016 Messstation: Stuttgart, Am Neckartor, Bildvorlage: [https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima\\_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-Dezember-2016\\_k.pdf](https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/luft/Feinstaubwerte-Januar-bis-Dezember-2016_k.pdf), <http://www.schoeneswetter.com/wetterwuensche/wetter-2016/januar-2016/index.html>.

**G** und **H** Seite 14, Anzahl der Überschreitungsstunden von Feinstaub (PM10 > 50 µg/m³) Messstation: Am Neckartor, Jahresmittelwerte von Feinstaub PM10 Messstation: Am Neckartor, Bildvorlage: [https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima\\_filestorage/download/luft/N02-und-PM10\\_2004-2016.pdf](https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/luft/N02-und-PM10_2004-2016.pdf)

**I** und **J** Seite 15, Anzahl der Überschreitungsstunden von NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub> > 200 µg/m³) Messstation: Am Neckartor, Jahresmittelwerte von NO<sub>x</sub> Messstation: Am Neckartor, Bildvorlage: [https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima\\_filestorage/download/luft/N02-und-PM10\\_2004-2016.pdf](https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/luft/N02-und-PM10_2004-2016.pdf).

**K** Seite 18, Critical Mass Stuttgart Fahrradfahrer, <http://shutuplegs.de/2014/07/critical-mass-stuttgart/>.

**L** Seite 18, Aufbau Mooswand Stuttgart, [http://www.esslinger-zeitung.de/region/stuttgart\\_artikel,-aufbau-der-mooswand-gegen-feinstaub-startet-\\_arid,2106477.html](http://www.esslinger-zeitung.de/region/stuttgart_artikel,-aufbau-der-mooswand-gegen-feinstaub-startet-_arid,2106477.html).

**M** Seite 18, Umweltzone Schild, [http://www.remscheid.de/pressearchiv/meldungen-2015/01-januar/146380100000118278.php.media/118279/umweltzone\\_Schild\\_gruen.bmp.scaled/550x550.pml.bgFFFFFF.jpg](http://www.remscheid.de/pressearchiv/meldungen-2015/01-januar/146380100000118278.php.media/118279/umweltzone_Schild_gruen.bmp.scaled/550x550.pml.bgFFFFFF.jpg).

**N** Seite 19, Europakarte, <http://d-maps.com/m/history/europe1914/europe191403.gif>.

**O** Seite 21, elegant embellishments prosolve 370e, <http://www.elegantembellishments.net/home-1/>.

**P** Seite 21, Autobahn-Vignette, <https://www.adac-shop.de/Vignetten/Schweiz-Autobahn-Vignette.html>.

**Q** Seite 21, Smog Free Tower, <https://www.kickstarter.com/projects/1777606920/the-smog-free-tower>.

**R** Seite 22, Blaue Plakette, <http://www.blaue-plakette.de/>.

**S** Seite 22, Green City Solutions, City-Tree, <http://www.medienkontor.net/fileadmin/Daten/2015/2015Oktober/Green-City-Solutions-CityTree-Oslo-2.jpg>.

**T** Seite 22, Freudenberg Sealing Technologies, Levitex, <https://levitex.fst.de/>.

**U** Seite 23, PM10 Jahresmittelwerte Messstation: Stuttgart, Am Neckartor, Bildvorlage: [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM\\_Anhang/150727\\_Konzept\\_Luftreinhaltung\\_f%C3%BCr\\_die\\_Landeshauptstadt\\_Stuttgart\\_final.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/150727_Konzept_Luftreinhaltung_f%C3%BCr_die_Landeshauptstadt_Stuttgart_final.pdf).

**V** Seite 23, NO<sub>x</sub> Jahresmittelwerte Messstation: Stuttgart, Am Neckartor, Bildvorlage: [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM\\_Anhang/150727\\_Konzept\\_Luftreinhaltung\\_f%C3%BCr\\_die\\_Landeshauptstadt\\_Stuttgart\\_final.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/PM_Anhang/150727_Konzept_Luftreinhaltung_f%C3%BCr_die_Landeshauptstadt_Stuttgart_final.pdf).

