

# **Quantifizierung der Stickoxid- und Feinstaubemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten Autoverkehrs**

München, den 22.3.2018

Auftraggeber:

Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21  
Dr. Werner Sauerborn  
Hauptmannsreute 144  
70193 Stuttgart

Auftragnehmer:

Karlheinz Rößler  
Verkehrsberater  
Gräfstraße 133  
81241 München

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Ausgangssituation und Vorbemerkungen	3
2. Aufgabenstellung und Untersuchungsmethode	5
3. Ergebnisse zum Thema Stickoxidemissionen	8
3.1 Stickoxidemissionen durch Diesel-PKW's und sonstige PKW's	8
3.2 Stickoxidemissionen der durch S 21 verursachten PKW-Fahrten mit Dieselantrieb	8
4. Ergebnisse zum Thema Mikrostaubemissionen	10
4.1. Herleitung der Emissionsfaktoren für die Staubkategorien PM10 und PM2,5	10
4.2. Mikrostaubemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs	11
5. Gesamtbetrachtung der gesundheitsgefährdenden Schadstoffemissionen	13
6. Kurzfassung	15
Quellenangaben und Anmerkungen	17
Anhang	19

# 1. Ausgangssituation und Vorbemerkungen

In der Studie "Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21" vom Oktober 2017 war im Auftrag des Aktionsbündnisses gegen Stuttgart 21 ermittelt worden, dass das Projekt Stuttgart 21 für eine große Anzahl an zusätzlichen PKW-Fahrten verantwortlich ist. Dieser Auto-Mehrverkehr kommt zum einen durch die verringerte Kapazität des geplanten Stuttgarter Tunnelbahnhofs im Vergleich zum heutigen Kopfbahnhof und zum anderen dadurch zustande, dass Stuttgart 21 den Ausbau der Eisenbahnstrecken im Raum Stuttgart blockiert, insbesondere eine neue tangentielle S-Bahn-Strecke von Filderstadt nach Wendlingen. Eine solche S-Bahn-Tangente, quasi ein Ringschluß zwischen den vorhandenen S-Bahn-Ästen auf den Fildern und dem Neckartal, wäre für die Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene dringend erforderlich, aber sie wird durch das Projekt Stuttgart 21 finanziell und räumlich geradezu verbaut. Die durch Stuttgart 21 ausgelösten Autofahrten führen insgesamt zu einer jährlichen Fahrtstrecke von rund 770 Millionen Fahrzeug-Kilometern und summieren sich, über 30 Jahre betrachtet, auf rund 23,1 Milliarden Fahrzeug-Kilometer. Dadurch steigen die Schadstoffbelastungen durch den Straßenverkehr weiter an.

Dabei sind die Anteile von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und Feinstaub in der Luft der Stuttgarter Innenstadt schon heute zu hoch. Die Konzentration dieser Schadstoffe liegt schon seit Jahren über den gesetzlichen Grenzwerten, was auch zu dem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 27.2.2018 führte, wonach Fahrverbote für Diesel-PKWs zulässig sind, um die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen. Stuttgart gilt inzwischen nach München als "Stickoxid- und Feinstaub-Hauptstadt Deutschlands". Es ist zu befürchten, dass diese untragbare Situation durch den zusätzlichen PKW-Verkehr als Folge von Stuttgart 21 weiter verschärft wird, obwohl eine dringende Reduktion der Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub schon längst überfällig ist.

An dieser Stelle ist eine Vorbemerkung notwendig, die sich auf die Wortwahl in diesem Text bezieht: Anstelle des verharmlosenden Wortes "Feinstaub" werden in diesem Text die Begriffe "Mikrostaub" oder "Giftstaub" verwendet.<sup>1</sup>

Weitere Vorbemerkungen betreffen die gesundheitlichen Auswirkungen von Stickoxiden und Mikrostaub:

"Stickoxide" oder auch "Stickstoffoxide" sind Sammelbezeichnungen für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs. Sie werden auch mit " $\text{NO}_x$ " abgekürzt. Stickoxide und hierbei besonders das Gas Stickstoffdioxid reizen und schädigen die Atmungsorgane. Erhöhte Konzentrationen in der Atemluft beeinträchtigen die Lungenfunktion sowohl von Kindern als auch von Erwachsenen.<sup>2</sup> Eine neue Studie des Umweltbundesamtes zeigt, dass 2014 statistisch rund 6.000 vorzeitige Todesfälle in Deutschland durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf die  $\text{NO}_2$ -Hintergrund-Belastung zurückzuführen waren und dass ein statistischer Zusammenhang zwischen der Stickstoffdioxid-Belastung und "Krankheiten wie Diabetes mellitus, Bluthochdruck, Schlaganfall, der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) und Asthma" besteht.<sup>3</sup>

Die im gängigen Sprachgebrauch als "Feinstaub" und besser als "Mikrostaub" oder "Giftstaub" bezeichneten Staubkörnchen haben eine Maximalgröße von 10 Mikrometern oder 0,01 Millimeter. Nach international anerkannten Kriterien werden diese Teilchen entsprechend ihrer Größe in drei unterschiedliche Klassen eingeteilt (sogenannter PM-Standard):

PM10: Durchmesser über 2,5 Mikrometer bis max. 10 Mikrometer

PM2,5: Durchmesser ab 0,1 Mikrometer bis max. 2,5 Mikrometer

UFP: Ultrafeine Partikel, Durchmesser kleiner als 0,1 Mikrometer.

Die Maßeinheit "Mikrometer" bezeichnet den millionsten Teil eines Meters.

Die Gefährlichkeit dieser Staubpartikel kommt dadurch zustande, dass sie beim Einatmen umso weiter in den Körper eindringen, je kleiner sie sind:

- Die größten Staubteilchen (Kategorie PM10) bleiben in den oberen Atemwegen hängen, also im Rachen, in der Luftröhre oder in den Bronchien, wo sie Schleimhäute reizen und somit Husten, Atemnot und Asthma entstehen lassen oder verstärken können.
- Partikel der Kategorie PM2,5 gelangen dagegen bis in die Lungenbläschen. Sie stehen im Verdacht, an der Entstehung von Lungenkrebs beteiligt zu sein.
- Staubkörnchen der Kategorie UFP können in die Blutbahn übergehen und so sämtliche Körperregionen erreichen, wo sie Schaden anrichten. So können sie Entzündungen in den Wänden der Blutgefäße auslösen und auf diese Weise zur Arterienverkalkung und zum Entstehen von Blutgerinnseln beitragen. Ebenso steigt das Risiko für Schlaganfälle<sup>4</sup> und für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, insbesondere Herzrhythmusstörungen und Herzinfarkt.<sup>5</sup>

Wer bereits Atemwegs- oder Herzprobleme hat, ist laut WHO (Weltgesundheitsorganisation) durch den ultrafeinen Giftstaub besonders gefährdet. Diese Gefahr gilt auch für Kinder und Senioren. Inzwischen zeichnet sich unter Medizinern sogar der Verdacht ab, dass Mikrostaub neben anderen Ursachen auch für Alzheimer und Parkinson, für Diabetes, für Frühgeburten und für Gesundheitsschäden bei schwangeren Frauen mitverantwortlich ist.<sup>6</sup>

## 2. Aufgabenstellung und Untersuchungsmethode

Es ist zu ermitteln, welche Mengen an Stickoxid und Mikrostaub in Stuttgart und Umgebung durch die PKW-Fahrten zu erwarten sind, die das Projekt Stuttgart 21 verursachen würde. Hierbei wird für beide Schadstoffarten ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren (von 2024 bis 2053) gewählt, entsprechend dem Vorgehen bei der Studie "Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21". Dieser Studie hatte als Fertigstellungstermin von Stuttgart 21 noch das Jahr 2023 angenommen, wie dies selbst im Oktober 2017 von der DB AG und den anderen Projektbeteiligten genannt worden war. Davon ausgehend, war in dieser Studie der Beginn der Betrachtungsperiode auf den Anfang des ersten Jahres nach der Fertigstellung von Stuttgart 21 festgelegt worden, also auf 2024. Somit endet die Betrachtung mit Ablauf des 30. Jahres, also Ende 2053. Die im November 2017 angekündigte voraussichtliche Verschiebung des Fertigstellungstermins um ein Jahr<sup>7</sup>, dürfte hinsichtlich der Schadstoffemissionen wenig bedeutsam sein. Außerdem ist nicht sicher, ob es bei der genannten Verzögerung um ein Jahr bleibt oder ob sich die tatsächliche Fertigstellung nicht noch weiter verspätet.

Angesichts dieser relativ langen Untersuchungsperiode sind die beiden prinzipiell möglichen Entwicklungspfade zu berücksichtigen, was den Schadstoffausstoß in Abhängigkeit von der Antriebstechnik der PKWs betrifft. Der eine Entwicklungspfad stellt eine pessimistische, der andere eine optimistische Sichtweise dar. Es ist anzunehmen, dass die tatsächliche Entwicklung auf einem Pfad zwischen diesen beiden Extremen verlaufen wird.

Hinsichtlich der Stickoxidemissionen werden die beiden Entwicklungspfade folgendermaßen definiert:

Entwicklungspfad 1: Als Reaktion auf das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 27.2.2018 bezüglich Fahrverboten werden die Grenzwerte für Stickoxidemissionen ab 2024 bei den PKWs mit Diesel- und Benzinantrieb in den Schadstoffklassen Euro 1 bis Euro 6 tatsächlich eingehalten. Dieser Entwicklungspfad steht im Gegensatz zur bisherigen Situation, welche sich dadurch auszeichnet, dass die gesetzlichen Grenzwerte in der Fahrpraxis, nicht auf dem Prüfstand, häufig deutlich überschritten werden, wie aktuelle Messungen der Auspuffabgase zeigen.<sup>8</sup> In diesem Entwicklungspfad besteht außerdem die Dominanz des Verbrennungsmotors fort, während der Elektroantrieb weiterhin eine Marginalie darstellt. So betrug der Bestand an PKWs mit vollelektrischem Antrieb zum 1.1.2018 in Deutschland lediglich 53.861 Fahrzeuge, was gemessen an der Gesamtzahl von rund 46,5 Millionen PKWs<sup>9</sup> nur einen Anteil von 1,2 Promille ergibt und somit vernachlässigbar ist. Selbst wenn das von der deutschen Bundesregierung gesetzte Ziel erreicht würde, dass im Jahr 2020 in Deutschland eine Million Elektroautos zugelassen wären, würde deren Anteil nur bei rund 2 % liegen; anders ausgedrückt, würden dann immer noch 98 % der deutschen PKWs von Benzin- oder Dieselmotoren angetrieben. Bei dieser Betrachtung werden PKWs mit Hybridtechnik - also die Kombination von Verbrennungs- und Elektroantrieb - den Autos mit Verbrennungsmotoren zugeordnet, da die Hybridfahrzeuge weiterhin auf fossile Energieträger angewiesen sind und somit zwangsläufig Stick-

oxide freisetzen. Ohnedies gilt der Hybridantrieb nur als Brückentechnologie, die übergangsweise verwendet wird, bis sich das vollelektrisch angetriebene Auto durchgesetzt hat.

Entwicklungspfad 2: Im Laufe des Betrachtungszeitraums werden alle PKWs mit Verbrennungsmotoren schrittweise durch Autos mit vollelektrischem Antrieb ersetzt, entsprechend dem Klimaschutzplan der Bundesregierung.<sup>10</sup> Die Stickoxidemissionen, soweit diese durch PKW-Motoren verursacht werden, sinken dadurch allmählich auf Null ab. Durch diesen Umstellungsprozess liegt der Anteil der PKWs mit Verbrennungsmotor im Durchschnitt der Jahre 2024 bis 2049 (also 26 Jahre lang) bei 43 %; in den restlichen 4 Jahren des Betrachtungszeitraums (2050 bis 2053) kommen keine Autos mit Verbrennungsantrieb mehr zum Einsatz. Dieser Entwicklungspfad beinhaltet somit eine optimistische Sichtweise.

Bezüglich der Mikrostaubemissionen lassen sich die beiden Entwicklungspfade wie folgt beschreiben:

Entwicklungspfad 1: Es bleibt im Prinzip bei der heutigen Staubfreisetzung, die dadurch charakterisiert ist, dass die Hauptquellen des PKW-bedingten Mikrostaubs nicht die Motoren sind, sondern Abriebe von Bremsen und Reifen sowie Staubaufwirbelungen von der Straßenoberfläche (siehe Tab.8 im Anhang). Anders als bei der Betrachtung der Stickoxidemissionen bleiben bezüglich des Mikrostaubs die gesetzlichen Schadstoff-Grenzwerte unberücksichtigt, da diese nur die Staubemissionen durch die Motoren betreffen und ohnedies nur für einen Teil der Fahrzeugflotte gelten: für PKWs mit Dieselantrieb in allen Schadstoffklassen, für PKWs mit Benzinantrieb lediglich für die Schadstoffklassen Euro 5 und Euro 6 und hierbei auch nur für Fahrzeugmotoren mit Direkteinspritzung. Außerdem beziehen sich die Grenzwerte auf die gesamte Partikelmasse, also ohne Unterscheidung zwischen den Staubkategorien PM10, PM2,5 und UFP.

Entwicklungspfad 2: Während der 30-jährigen Untersuchungsperiode findet die vollständige Umstellung auf Elektroantrieb statt. Dadurch sinkt zwar der Mikrostaubaustoß aus den Motoren schrittweise gegen null (siehe oben), aber die Staubfreisetzungen durch Aufwirbelungen auf der Oberfläche der Straßen, durch Abrieb der Reifen beim Rollen auf der Fahrbahn und durch Reibung in den Bremsen vermindern sich nicht. Es handelt sich hierbei also um Emissionen, die bei jedem Auto anfallen, unabhängig von der Antriebsart Verbrennungsmotor oder Elektromotor. Das Klima- und Umweltbündnis Stuttgart schätzt in seinem aktuellen Flyer den Reduktionseffekt durch den Ersatz des Verbrennungsantriebs durch Elektromotoren folgendermaßen ein: "Ein alternativer Antrieb z.B. durch Elektrofahrzeuge würde die Feinstaubbelastung um weniger als 10 Prozent vermindern."<sup>11</sup>

Die Quantifizierung der Schadstoffgruppe Stickoxid baut auf zwei Grundlagen auf: Zum einen handelt es sich um Emissionsfaktoren, die angeben, wie groß der spezifische Schadstoffausstoß der Autos ist. Das bedeutet, dass sich die jeweilige Schadstoffmenge (z.B. gemessen in Gramm) auf eine Einheits-Fahrtstrecke (z.B. ein Fahrzeug-Kilometer) je Fahrzeug-Typ bezieht. Hierbei wird soweit wie möglich eine Unterteilung der PKWs nach Schadstoffklassen (Euro 1 bis Euro 6) zugrunde gelegt.

Zum anderen bildet die in der bereits genannten Vorgängerstudie ermittelte Verkehrsmenge - die durch Stuttgart 21 verursachten Autofahrten - die Datenbasis, auch als "Mengengerüst" bezeichnet. Indem der jeweilige Emissionsfaktor mit der Verkehrsmenge pro PKW-Art, u.U. aufgeschlüsselt nach Schadstoffklasse, multipliziert wird, erhält man als Produkt die entsprechenden Schadstoffemissionen (in Gramm, Kilogramm oder Tonnen).

Für die Betrachtung der Mikrostaubemissionen müssen allerdings die Emissionsfaktoren selbst zunächst berechnet werden, da Angaben über die tatsächlich ausgestoßene Menge an derartigen Partikeln pro Fahrzeug-Kilometer nicht vorliegen. Hierfür werden sowohl die Schadstoffmengen, die deutschlandweit im Verkehr anfallen, als auch die Verkehrsleistungen pauschal betrachtet. In mehreren Schritten wird sowohl eine immer stärkere Eingrenzung auf den durch Stuttgart 21 verursachten Autoverkehr als auch eine zunehmende Differenzierung vorgenommen, bis schließlich eine Aufteilung auf die Antriebsarten der PKWs (Diesel- versus Benzinmotor) möglich ist. Diese Herleitung der Emissionsfaktoren oder des spezifischen Mikrostaubausstoßes ist in den Tab.5 bis Tab.9 im Anhang dargestellt.

### **3. Ergebnisse zum Thema Stickoxidemissionen**

#### **3.1 Stickoxidemissionen durch Diesel-PKWs und sonstige PKWs**

Einer nach Landkreisen aufgeschlüsselten Statistik des Kraftfahrtbundesamtes über die jeweils zugelassenen PKWs ist zu entnehmen, wie sich die Fahrzeuge auf die Emissionsklassen Euro 1 bis Euro 6 und auf die beiden Antriebsarten Benzin- und Dieselmotor innerhalb des Regierungsbezirks Stuttgart verteilen (siehe Tab.1 im Anhang). Dieselbe Aufteilung (in Prozent) kann nun aus Analogiegründen auch auf die Fahrleistungen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs bezogen werden (siehe Tab.2 im Anhang). Es ist zu erkennen, dass sich die Fahrtstrecken der Benzin- und der Dieselaautos zueinander fast wie zwei Drittel zu einem Drittel verhalten, während andere Antriebsarten (Gas-, Hybrid-, Elektroautos) praktisch keine Rolle spielen.

Bundesweit stammen fast drei Viertel des Stickoxidausstoßes im Straßenverkehr von den Diesel-PKWs. An zweiter Stelle, aber weit abgeschlagen, finden sich  $\text{NO}_x$ -Emissionen der leichten Nutzfahrzeuge und an dritter Stelle die Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge. Die Stickoxidemissionen von Omnibussen und von PKWs ohne Dieselantrieb (Benzin-, Gas-, Hybrid-, Elektroantrieb) folgen mit großem Abstand. Das Schlußlicht bildet der Stickoxidausstoß der Krafträder (siehe Tab.3 im Anhang). Wenn man sich auf die  $\text{NO}_x$ -Abgase der PKWs beschränkt, also Diesel-PKWs plus sonstige PKWs, die zusammen einen Anteil von gut 75 % unter allen Kfz-bedingten Emissionen haben, ergibt sich ein Verhältnis der Emissionen von Diesel-PKWs zu sonstigen PKWs von 96 zu 4 oder 24 zu 1. Somit sind die PKWs mit Dieselantrieb fast vollständig für den Stickoxidausstoß verantwortlich, während die Emissionen aller übrigen PKWs, insbesondere auch der benzin-betriebenen Autos, marginal sind. Deshalb beschränkt sich die weitere Betrachtung auf die Diesel-PKWs.

#### **3.2 Stickoxidemissionen der durch S 21 verursachten PKW-Fahrten mit Dieselantrieb**

Die  $\text{NO}_x$ -Emissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs summieren sich im Entwicklungspfad 1 innerhalb von 30 Jahren auf insgesamt 1.713 Tonnen, was im Jahresdurchschnitt knapp 60 Tonnen ergibt (siehe nachstehende Tabelle A).



Tabelle A: Übersicht über die Stickoxidemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren (2024 bis 2053)

	-----Stickoxidemissionen-----	
	im Laufe von 30 Jahren (gerundet)	Durchschnitt pro Jahr
Entwicklungspfad 1	1.713 t	57,1 t
Entwicklungspfad 2	638 t	21,3 t

Durch eine schrittweise Umstellung auf Elektroantrieb (Entwicklungspfad 2) liegt der Anteil der PKWs mit Verbrennungsmotor im Durchschnitt der Jahre 2024 bis 2049 (also 26 Jahre lang) bei 43 % und in den restlichen 4 Jahren des Betrachtungszeitraums (2050 bis 2053) bei null %. Der bezüglich Entwicklungspfad 1 genannte NO<sub>x</sub>-Ausstoß von 1.713 Tonnen bildet die Ausgangsbasis für die folgende Rechnung: Die Schadstoffmenge ist um Faktor 0,43 (Anteil der PKWs mit Verbrennungsmotoren), multipliziert mit Faktor 26/30 (Zahl der Jahre während der Umstellung, dividiert durch den Umstellungszeitraum) zu gewichten. Es ergibt sich eine Stickoxidmenge von rund 638 Tonnen. Im Jahresdurchschnitt beträgt der NO<sub>x</sub>-Ausstoß der Autofahrten, welche durch Stuttgart 21 ausgelöst werden, etwas mehr als 20 Tonnen (siehe Tabelle A). Indem der Verbrennungsantrieb allmählich durch den Elektroantrieb ersetzt wird, sinkt also der Schadstoffausstoß im gesamten Betrachtungszeitraum bzw. im Jahresdurchschnitt nahezu um Faktor drei ab.

Aber da diese beiden Pfade zwei extreme Möglichkeiten darstellen, wie sich der Abgasausstoß entwickeln wird, dürften in der Realität die innerhalb von 30 Jahren freigesetzten Stickoxidemengen zwischen 1.713 Tonnen und 638 Tonnen und im Jahresdurchschnitt im Mittelfeld zwischen 638 Tonnen und 21,3 Tonnen liegen.

## 4. Ergebnisse zum Thema Mikrostaubemissionen

### 4.1 Herleitung der Emissionsfaktoren für die Staubkategorien PM10 und PM2,5

Anders als bezüglich der Stickoxidemissionen liegen zum Mikrostaub keine Daten über die Emissionsfaktoren vor, z.B. Ausstoß pro Kilometer Fahrtstrecke. Es ist somit notwendig, diese Faktoren schrittweise zu berechnen. Hierfür bilden pauschale Angaben über die Emissionen in ganz Deutschland bzw. in ganz Bayern die Datenbasis (siehe Tab.5 im Anhang): Aus graphischen Darstellungen des Umweltbundesamtes lassen sich die Mengen an Staub ablesen, welche im ganzen Bundesgebiet aus dem Verkehr (Straße, Eisenbahn, Luftfahrt, Schifffahrt) stammen: Es sind 30.500 Tonnen Staub der Kategorie PM10 und 26.000 Tonnen der Kategorie PM2,5.<sup>12</sup> Die Mikrostaubmenge der Kategorie UFP ist nicht ausgewiesen. Die genannten Emissionen sind, wenn man Datenerhebungen aus Bayern zugrunde legt, zu 93 % den Kraftfahrzeugen zuzurechnen, während die Verkehrsträger Eisenbahn, Flugzeug und Schiff zusammen lediglich für 7 % der Staubmenge verantwortlich sind (siehe Tab. 5 im Anhang). Wesentlich stärker fallen hingegen die in der Land- / Forstwirtschaft, Bauwirtschaft und Industrie sowie beim Militär eingesetzten Fahrzeuge ins Gewicht, die jedoch in der Regel abseits von öffentlichen Straßen fahren und deshalb in der Statistik auch als "Offroad-Kfz" bezeichnet werden. Ohne die letztgenannte Fahrzeuggruppe sind 56 % des deutschlandweiten Mikrostaubausstoßes dem Straßenverkehr zuzurechnen, und zwar 23.180 Tonnen der Kategorie PM10 und 19.760 Tonnen der Kategorie PM2,5. Würde man auch den Verkehr auf Baustellen abseits von Straßen berücksichtigen und hierbei beispielsweise auch das Umladen des Tunnelaushubs von Förderbändern auf LKWs, wie dies beim Projekt Stuttgart 21 stattfindet, so würde die Staubbelastung insgesamt höher ausfallen. Aber hierzu fehlen jegliche Messungen.

Im Folgenden soll sich die Betrachtung deshalb auf die Kfz beschränken, welche tatsächlich die Straßen benutzen. Wie Tab. 6 im Anhang zeigt, setzen die Kfz-Motoren 40 % der Mikrostaubemissionen frei, wobei PKWs mit Benzinantrieb für knapp ein Sechstel, Diesel-PKWs für rund ein Drittel und Nutzfahrzeuge für gut die Hälfte dieser Emissionen aus Motoren verantwortlich sind. Ein noch größerer Anteil, nämlich von 45 % der gesamten Staubfreisetzung, kommt durch Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche zustande. Dagegen sind Reifen- und Bremsenabrieb mit Anteilen von 11 % bzw. 4 % von relativ geringer Bedeutung.

Nun kann der spezifische Staubaustoß der PKWs oder der jeweilige Emissionsfaktor bestimmt werden, indem die deutschlandweit beobachteten Staubmengen auf die jeweilige PKW-Fahrtstrecke oder Fahrleistung in ganz Deutschland bezogen wird. Die Aufteilung der Fahrleistung und der Giftstaubmengen auf Benzin- und Diesel-PKWs sowie für alle PKWs gemeinsam auf die drei Emissionsquellen Reifen- und Bremsenabrieb sowie Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche ist in der Tab.8 im Anhang dargestellt. Die darauf folgende Tabelle (Tab.9) enthält die jeweiligen Emissionsfaktoren für die Staubkategorien PM10 und PM2,5, die hier auf eine Million Fahrzeug-

Kilometer bezogen sind. In den Tab.10 und 11 werden schließlich die Ergebnisse genannt, getrennt nach den beiden Entwicklungspfaden.

## 4.2 Mikrostaubemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs

Für die pessimistische Sichtweise, die von einem Fortbestehen der Dominanz des Verbrennungsmotors bei einem Nischendasein des Elektroautos ausgeht und als "Entwicklungspfad 1" bezeichnet wird, gilt folgendes: In der 30-jährigen Betrachtungsperiode fallen durch den PKW-Verkehr, welcher dem Projekt Stuttgart 21 anzulasten ist, Mikrostaubemissionen der Kategorien PM10 plus PM2,5 von knapp 750 Tonnen an. Dies ergibt im Durchschnitt pro Jahr einen Mikrostaubausstoß von rund 25 Tonnen (siehe Tabelle B), der entlang der Straßen im Großraum Stuttgart anfällt. Durch diese Emissionen werden nicht nur die Autofahrer selbst gefährdet, sondern auch die Benutzer der Geh- und Radwege sowie der angrenzenden Grundstücke, also Fußgänger, Radfahrer, Spaziergänger, spielende Kinder und vor allem die Straßenanwohner, die sich teilweise 24 Stunden pro Tag den Staubfreisetzungen der PKWs aussetzen müssen. Zu bedenken ist hierbei, dass diese quantitativen Angaben nur die beiden Staubkategorien PM10 und PM2,5 betreffen, aber nicht die Kategorie UFP. Diese Staubklasse zeichnet sich wegen der extrem geringen Größe ihrer Partikel durch eine besonders hohe Gesundheitsgefahr aus.

Tabelle B: Abschätzung der Mikrostaubemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs innerhalb von 30 Jahren (Entwicklungspfade 1 und 2)

Mikrostaub-Quelle	---Mikrostaubemissionen PM10 + PM2,5---			
	Entwicklungspfad 1		Entwicklungspfad 2	
	absolut	Anteil	absolut	Anteil
Motoren der Benzin- und Diesel-PKW's	300,5 t	40,2 %	112,0 t	20,1 %
Abrieb/Aufwirbelung durch PKW's	446,6 t	59,8 %	446,6 t	79,9 %
Summe	747,1 t	100,0 %	558,6 t	100,0 %
Durchschnitt pro Jahr	24,9 t	---	18,63 t	---

\* alle PKWs inkl. Gas-, Hybrid-, Elektro-, sonst. Antriebsart

Datenbasis:  
Tab.8 + 9 im Anhang

Die schrittweise Umstellung vom Verbrennungs- auf Elektroantrieb, wie sie der Entwicklungspfad 2 beinhaltet, ergibt hinsichtlich des Mikrostaubs folgendes Bild: Staubemissionen von insgesamt 112 Tonnen stammen immer noch aus den Motoren der Autos, deren Fahrten durch Stuttgart 21 innerhalb von 30 Jahren verursacht werden (siehe Tabelle B). Hinzu kommt eine Giftstaubmenge von knapp 450 Tonnen,

welche sich aus Reifenabrieb, Bremsenabrieb und Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche zusammensetzt und auch bei Elektroautos anfällt. In der Summe kommt es bei diesem Entwicklungspfad zu Mikrostaubemissionen von rund 560 Tonnen. Dies ist eine Verringerung um lediglich knapp 190 Tonnen oder 25,3 % im Vergleich zum Entwicklungspfad 1. Somit erbringt die Umstellung auf den Elektroantrieb in den kommenden Jahrzehnten nur eine relativ geringe Abmilderung der Staubfreisetzung, die dem Projekt Stuttgart 21 anzulasten ist.

Die tatsächliche Entwicklung dürfte jedoch zwischen den beiden extremen Entwicklungspfaden 1 und 2 liegen: Der durch Stuttgart 21 verursachte Autoverkehr ist für Mikrostaubfreisetzungen verantwortlich, die zwischen rund 750 Tonnen im ungünstigsten und rund 560 Tonnen im günstigsten Fall betragen.

## 5. Gesamtbetrachtung der gesundheitsgefährdenden Schadstoffemissionen

Der zusätzliche PKW-Verkehr mit einer Fahrtstrecke von rund 23,1 Milliarden Kilometer als Folge des Projekts Stuttgart 21 setzt innerhalb der 30-jährigen Untersuchungsperiode rund 1.700 Tonnen Stickoxide und über 700 Tonnen Mikrostaub frei, wenn man den Entwicklungspfad 1 mit pessimistischer Sichtweise zugrunde legt. Im Entwicklungspfad 2, der eine schrittweise Umstellung vom Verbrennungs- auf den Elektroantrieb beinhaltet, sind es immerhin noch über 600 Tonnen Stickoxide und fast 600 Tonnen Mikrostaub. Beide Schadstoffgruppen sind sowohl für die Anwohner der Straßen als auch für alle Verkehrsteilnehmer gesundheitsgefährlich.

Möglicherweise ist die Zunahme der Emissionen, insbesondere bei Mikrostaub, noch gravierender, als dies hier dargestellt ist. Denn zum einen wurde der besonders gesundheitsgefährdende Giftstaub der Kategorie UFP quantitativ gar nicht berücksichtigt, weil die dazu benötigten Daten fehlen. Zum anderen wurde die Stickoxid- und Mikrostaubfreisetzung durch die Baumaschinen und Baustellenfahrzeuge des Projekts Stuttgart 21 nicht betrachtet. Schließlich könnten die zukünftigen Mengen des PKW-Verkehrs, der durch Stuttgart 21 verursacht wird, noch größer sein als bislang ausgewiesen, wenn man drohende Sperrungen der Tunnels oder Tunnelbahnhöfe wegen Schäden durch Anhydrit, Zugunfälle oder Überflutungen bei Starkregen<sup>13</sup> oder wegen Reparatur- und Sanierungsarbeiten einkalkuliert. Bei solchen Sperrungen der Stuttgart-21-Infrastruktur ist mit einem starken Anstieg des PKW-Verkehrs als Ersatz für die dann ausfallenden Züge zu rechnen.

Die bisherige Ergebnisdarstellung zeigt den  $\text{NO}_x$ -Ausstoß des PKW-Verkehrs, der durch Stuttgart 21 verursacht wird, allerdings nur in absoluten Zahlen auf. Für eine Bewertung der Ergebnisse ist jedoch auch der Bezug auf den ohnedies stattfindenden Autoverkehr im Großraum Stuttgart sinnvoll, also unabhängig von dem PKW-Verkehr, der allein durch das Eisenbahnprojekt ausgelöst wird. In Ermangelung von aussagekräftigen empirischen Daten über die aufsummierte Länge aller PKW-Fahrten innerhalb des Verkehrsverbundes Stuttgart (VVS) soll nun eine grobe Abschätzung der Gesamtfahrtstrecke aller im Verbundgebiet zugelassenen PKWs vorgenommen werden. Zum VVS gehören neben der Landeshauptstadt Stuttgart die Landkreise Böblingen, Esslingen, Rems-Murr und Ludwigsburg. Da die Filstalbahn bis Geislingen (Steige) ebenfalls in den VVS einbezogen ist und somit ein Großteil des Landkreises Göppingen durch den VVS erschlossen wird, soll auch der PKW-Bestand dieses Landkreises und die daraus resultierende Gesamtfahrtstrecke berücksichtigt werden. Ausgenommen bleiben hingegen einige Randgebiete des Landkreises Calw (Nagold, Altensteig) und des Ostalbkreises (Lorch), die ebenfalls vom VVS bedient werden. Dadurch wird die Überschätzung der PKW-Fahrtstrecke in etwa kompensiert, die durch die Einbeziehung des gesamten Landkreises Göppingen vermutlich zustande kommt.

Nach der Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes waren mit Stichtag 1.1.2017 in Stuttgart zusammen mit den genannten Landkreisen insgesamt 1.595.211 PKWs zuge-

lassen, also rund 1,6 Millionen.<sup>14</sup> Die Durchschnittsfahrleistung der PKWs lag 2016 bei 14.015 km.<sup>15</sup> Nimmt man die genannte Durchschnittsfahrleistung auch als Maßstab für die PKW-Fahrten im VVS-Gebiet, so errechnet sich für alle im Großraum Stuttgart zugelassener PKWs pro Jahr eine Gesamtfahrleistung von 22.356.882.165 km, gerundet 22,4 Milliarden Fahrzeug-Kilometer. In der Betrachtungsperiode von 30 Jahren summiert sich diese Fahrleistung auf über 670 Milliarden Fahrzeug-Kilometer. Gemessen an dieser Fahrtstrecke (= 100 %) bedeutet der durch Stuttgart 21 verursachte PKW-Verkehr mit rund 23,1 Milliarden Fahrzeug-Kilometern einen zusätzlichen Verkehr von rund 3,4 %. Um diesen Betrag erhöht sich somit auch der Schadstoffausstoß als Folge von Stuttgart 21, und zwar für Stickoxide und Mikrostaub. Dies gilt gleichermaßen für beide Entwicklungspfade.

Doch bereits die vorhandene Belastung durch  $\text{NO}_x$  und Giftstaub - sowie noch durch weitere Schadstoffe - ist in Stuttgart viel zu hoch, wie die häufigen der Überschreitungen der Grenzwerte bei Messungen zeigen. Jede Tonne an zusätzlich freigesetztem Stickoxid oder Mikrostaub ist eine Tonne zuviel. Ein weiterer Anstieg dieser gesundheitsschädlichen Emissionen ist also genau die falsche Entwicklung.

## 6. Kurzfassung

Die im Oktober 2017 im Auftrag des Aktionsbündnisses gegen Stuttgart 21 vorgelegte Studie "Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21" zeigte auf, dass das Projekt Stuttgart 21, über 30 Jahre betrachtet, den Autoverkehr im Großraum Stuttgart deutlich ansteigen lassen wird, sollte es fertiggestellt werden: Es wird für rund 23,1 Milliarden zusätzliche Fahrzeug-Kilometer verantwortlich sein. Die Ursachen hierfür sind zum einen die verringerte Kapazität des geplanten Stuttgarter Tunnelbahnhofs und zum anderen die Tatsache, dass Ausbaumaßnahmen im Schienenverkehr, insbesondere eine neue tangenziale S-Bahn-Strecke von Filderstadt nach Wendlingen, durch Stuttgart 21 blockiert werden. Dadurch erhöhen sich die heute schon zu hohen Schadstoffbelastungen der Stuttgarter Luft, insbesondere durch Stickoxide und Feinstaub, noch weiter. Beide Schadstoffarten sind gesundheitsgefährlich, wobei die Atemwege besonders betroffen sind. Es ist deshalb zu ermitteln, welche Mengen an Stickoxid ( $\text{NO}_x$ ) und Feinstaub - letzterer sollte besser als "Mikrostaub" oder "Giftstaub" bezeichnet werden - in Stuttgart und Umgebung durch die PKW-Fahrten zu erwarten sind, die das Projekt Stuttgart 21 verursachen würde.

Die Ermittlung der Schadstoffmengen verwendet als Grundlagen einerseits die spezifischen Emissionen (Schadstoffmasse bezogen auf die Fahrtstrecke, z.B. Gramm pro Fahrzeug-Kilometer) und andererseits die Mengengerüste (Gesamtfahrtstrecke von Benzin- und Diesel-PKW, möglichst noch unterteilt nach Schadstoffklassen Euro 1 bis Euro 6). Bezüglich der Giftstaubemissionen müssen allerdings die Emissionsfaktoren selbst zunächst berechnet werden, da Angaben über die tatsächlich ausgestoßene Menge an derartigen Partikeln pro Fahrzeug-Kilometer nicht vorliegen. Hierfür werden sowohl die Schadstoffmengen, die deutschlandweit im Verkehr anfallen, als auch die Verkehrsleistungen pauschal betrachtet und in mehreren Schritten immer stärker auf den durch Stuttgart 21 verursachten Autoverkehr eingegrenzt. Die in Deutschland gemessenen Feinstaubmengen betreffen allerdings nur die Staubkategorien PM<sub>10</sub> (2,5 bis 10 Mikrometer) und PM<sub>2,5</sub> (0,1 bis 2,5 Mikrometer), aber nicht die Kategorie UFP, die sich aus ultrafeinen Partikeln (kleiner als 0,1 Mikrometer) zusammensetzt und die größten gesundheitlichen Risiken darstellt. Hierbei steht die Maßeinheit "Mikrometer" für den millionsten Teil eines Meters.

Zwei mögliche Entwicklungspfade werden betrachtet: (1) Als Folge des Bundesverwaltungsgerichtsurteils vom 27.2.2018 werden zukünftig die Grenzwerte der Stickoxidemissionen tatsächlich eingehalten, ganz im Gegensatz zur heutigen Praxis. Hinsichtlich des Mikrostaubs - hier sind die Grenzwerte sehr lückenhaft - wird die heutige Situation der Emissionen fortgeschrieben. Hierbei spielen die Schadstoffe aus den Motoren nur eine untergeordnete Rolle, während der Abrieb von Bremsen und Reifen sowie die Staubaufwirbelungen von der Straßenoberfläche wesentlich gravierender sind. Es bleibt im PKW-Verkehr jedoch bei der heutigen Dominanz der Verbrennungsmotoren, während die schadstofffreien Elektromotoren weiterhin eine Marginalie darstellen. Somit handelt es sich bei diesem Pfad um einen pessimistische Betrachtungsweise. (2) Der zweite Entwicklungspfad ist durch die schrittweise Umstellung vom Verbrennungs- auf Elektroantrieb bis Ende 2049 entsprechend dem Klimaschutzplan der Bundesregierung gekennzeichnet. Der Schadstoffausstoß der

PKW-Motoren sinkt bei dieser optimistischen Sichtweise von Jahr zu Jahr ab und liegt in den letzten 4 Jahren bei null. Dennoch fallen weiterhin Mikrostaubemissionen an, und zwar durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch Staubaufwirbelungen von der Straßenoberfläche, auch wenn die Elektromotoren selbst emissionsfrei sind.

Das Ergebnis dieser Untersuchung lautet:

- Die Stickoxidemissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs summieren sich im Entwicklungspfad 1 innerhalb von 30 Jahren auf rund 1.700 Tonnen und im Entwicklungspfad 2 auf über 600 Tonnen. Dies entspricht im Jahresdurchschnitt einem Stickoxidausstoß von fast 60 Tonnen bzw. gut 20 Tonnen.
- Der Mikrostaubausstoß der Kategorien PM10 und PM2,5 zusammen beträgt im Entwicklungspfad 1 rund 750 Tonnen und im Entwicklungspfad 2 rund 560 Tonnen. Auf den Durchschnitt pro Jahr bezogen, ergibt dies rund 25 Tonnen bzw. knapp 20 Tonnen an Giftstaub, welcher aus den Auspuffen der Autos stammt, deren Fahrten zusätzlich zum heutigen Verkehr durch Stuttgart 21 hervorgerufen werden. Die Umstellung auf Elektroautos schafft hierbei also kaum eine Linderung des Staubausstößes.

Die beiden Entwicklungspfade stellen zwei Extremfälle dar, wie sich der Schadstoffausstoß der durch Stuttgart 21 ausgelösten Autofahrten über 30 Jahre entwickeln wird. In der Realität ist damit zu rechnen, dass sowohl die Stickoxid- als auch die Mikrostaubemissionen im Mittelfeld zwischen diesen beiden Extremen liegen werden.

Grundsätzlich ist festzustellen: Der zusätzliche PKW-Verkehr, welcher durch Stuttgart 21 verursacht wird, verstärkt die ohnehin zu hohe Belastung der Straßenanwohner und Verkehrsteilnehmer durch gesundheitsschädliche Stickoxid- und Giftstaubemissionen. Durch das Projekt Stuttgart 21 wird also genau die falsche Entwicklung vorangetrieben.



## Quellenangaben und Anmerkungen

- 1) Während eine Bezeichnung wie "Stickoxide" unproblematisch ist, weil sie ganz neutral bestimmte chemische Stoffe benennt, ist "Feinstaub" ein Wort, das doppeldeutig ist: Zum einen bezeichnet die Silbe "fein" in der Zusammensetzung mit anderen Substantiva die sehr geringe Größe der Partikel einer Substanz. So ist z.B. "Feinmehl" ein Mehl mit besonders kleinen Körnchen. Zum anderen kann "fein" auch eine außerordentlich positive Bewertung eines Stoffes, eines Zustandes oder einer Sache beinhalten: Beispielsweise handelt es sich bei "Feinkost" um besonders erlesene, exotische oder geschmackvolle Speisen mit einem sehr hohen Preisniveau für einen exquisiten Kundenkreis. "Feinstaub" bezeichnet auf der rein sachlichen Ebene einen Staub, der sich aus extrem kleinen Partikeln zusammensetzt. Aber gerade wegen des kleinen Durchmessers seiner Teilchen gilt dieser Staub als gesundheitsschädlich bis lebensgefährlich. Doch wegen der positiven Bewertung, die im Wortbestandteil "Fein-" mitschwingt, besteht die Gefahr, dass die durch derartige Staubkörnchen hervorgerufenen Schäden geradezu verharmlost oder sogar beschönigt werden. So gesehen, wäre "Feinstaub" eine besonders gute Art von Staub. Um dieser Gefahr auf der begrifflichen Ebene entgegenzuwirken, wird derartige Staub im vorliegenden Text neutral als "Mikrostaub" oder bewertend als "Giftstaub" bezeichnet.
- 2) Gesunde Luft lässt Kinder tiefer atmen und klarer denken, in: Ärzteblatt, 5.3.2015, <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/62051/Gesunde-Luft-laesst-Kinder-tiefer-atmen-und-klarer-denken>
- 3) Umweltbundesamt, Pressemitteilung Nr. 06 vom 08.03.2018
- 4) Schlaganfall durch schlechte Luft, in: Ärzteblatt, 20.3.2015, <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/62244/Schlaganfall-durch-schlechte-Luft>
- 5) Merlot, Julia / Weber, Nina: Gesundheitsrisiko Benzin-Direkteinspritzer: Wie schädlich ist Feinstaub? in: spiegel online, 31.1.2018
- 6) mündliche Mitteilung durch Axel Friedrich, Umweltbundesamt, 7.2.2018
- 7) Stuttgart 21: Noch eine Milliarde teurer und viel später - Fertigstellung erst Ende 2024, in: DIE ZEIT online, 29.11.2017, <http://www.zeit.de/news/2017-11/29/verkehr-stuttgart-21-wird-mehr-als-eine-milliarde-euro-teurer-29112602>
- 8) Umweltbundesamt: Pressemitteilung 16/2017 vom 25.04.2017, Abbildung "Diesel-Autos stoßen das meiste NO<sub>x</sub> aus", <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/stickoxid-belastung-durch-diesel-pkw-noch-hoher>
- 9) Kraftfahrt-Bundesamt: Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2018 in Deutschland, [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b\\_jahresbilanz.html;jsessionid=37AB85D649D539C407E74C41209E0E1C.live11293?nn=644526](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html;jsessionid=37AB85D649D539C407E74C41209E0E1C.live11293?nn=644526), abgerufen am 12.3.2018
- 10) Klimaschutzplan 2050, 11. November 2016, S.48
- 11) KUS - Klima- und Umweltbündnis Stuttgart: Zukunft gestalten - Klima erhalten: Feinstaub, Stuttgart, o.J.
- 12) Umweltbundesamt: Staub (PM<sub>10</sub>)-Emissionen nach Quellkategorien, Staub (PM<sub>2,5</sub>)-Emissionen nach Quellkategorien, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2015 (Stand 02/2017)

- 13) Heydemann, Hans: STUTTGART 21 und die ÜBERFLUTUNGSGEFAHR, GUTACHEN zum ÜBERFLUTUNGSRISIKO durch das Bahnvorhaben STUTTGART 21, erstellt im Auftrag des AKTIONSBÜNDNIS gegen STUTTGART 21, Entwurf vom 10.2.18
- 14) Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1.1.2017, FZ 1, S.40
- 15) Kraftfahrt-Bundesamt: Verkehr in Kilometern der deutschen Kraftfahrzeuge im Jahr 2016, [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr\\_in\\_kilometern\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html)

## Anhang

Tab.1: PKW-Bestand im Regierungsbezirk Stuttgart am 1.1.2017 nach Kraftstoffarten und Emissionsklassen

Emissionsklasse	Anzahl der PKWs alle Antriebsarten		-----Kraftstoffart des Antriebs-----			
	absolut	in %	-----Benzin-----		-----Diesel-----	
			absolut	in %	absolut	in %
Euro 1	41 422	1,7	38 362	2,5	3 060	0,4
Euro 2	232 755	9,5	193 042	12,4	39 713	4,6
Euro 3	252 475	10,3	138 462	8,9	114 013	13,2
Euro 4	771 020	31,5	572 076	36,8	198 944	23,0
Euro 5	709 765	29,0	383 868	24,7	325 897	37,7
Euro 6	400 504	16,4	223 640	14,4	176 864	20,5
ohne Emiss.- gruppe	9 260	0,4	3 305	0,2	5 955	0,7
Summe Benzin/ Diesel	2 417 201	98,7	1 552 755	99,9	864 446	100,1
sonst.*	31 224	1,3	---	---	---	---
Gesamt	2 448 425	100,0				

\* Gas-, Hybrid-, Elektro-, sonst. Antrieb

Quelle:

Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2017, FZ 1, S.40f

Tab.2: Fahrleistungen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs nach Kraftstoffarten und Emissionsklassen 2024 bis 2053 (Szenario 1)

Emissions- klasse	-----Kraftstoffart des Antriebs-----			
	-----Benzin-----		-----Diesel-----	
	in Mio fkm	Anteil	in Mio fkm	Anteil
Euro 1	366,9	2,5 %	32,7	0,4 %
Euro 2	1 819,9	12,4 %	375,9	4,6 %
Euro 3	1 306,2	8,9 %	1 078,6	13,2 %
Euro 4	5 400,9	36,8 %	1 879,4	23,0 %
Euro 5	3 625,0	24,7 %	3 080,6	37,7 %
Euro 6	2 113,4	14,4 %	1 675,2	20,5 %
ohne	29,4	0,2 %	57,2	0,7 %
<b>Summen</b>	<b>14 661,7</b>	<b>99,9 %</b>	<b>8 179,6</b>	<b>100,1 %</b>
Summe Benzin- + Dieselantrieb	22 841,3 Mio fkm		98,7 %	
sonst. Antriebsart*	307,4 Mio fkm		1,3 %	
<b>Gesamte Fahrleistung</b>	<b>23 148,7 Mio fkm</b>		<b>100,0 %</b>	
- davon mit Benzin	63,4 %			
- davon mit Dieselmotorkraftstoff	35,3 %			
- sonstige Antriebsart	1,3 %			

fkm Fahrzeug-Kilometer

\* Gas-, Hybrid-, Elektro-, sonst. Antriebsart

Quellen:

Rößler, Karlheinz: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, S.32 und S.34;

eigene Berechnungen nach Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2017, FZ 1, S.40f

Tab.3: Anteile der Kfz-Arten an den NO<sub>x</sub>-Emissionen bundesweit

Kfz-Art	Anteil
Diesel-PKW	72,5 %
sonstige PKWs	3,0 %
leichte Nutzfahrzeuge	11,0 %
schwere Nutzfahrzeuge	8,0 %
Omnibusse	4,0 %
Krafträder	1,5 %
Summe	100,0 %

Relation Diesel-PKWs zu sonstigen PKWs: 96 zu 4 oder 24 zu 1

Quelle:

Umweltbundesamt: Pressemitteilung 16/2017 vom 25.04.2017, Abbildung "Diesel-Autos stoßen das meiste NO<sub>x</sub> aus, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/stickoxid-belastung-durch-diesel-pkw-noch-hoeher>

Tab.4: NO<sub>x</sub>-Emissionen des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs mit Dieselantrieb nach Emissionsklassen innerhalb von 30 Jahren (Entwicklungspfad 1)

Emissionsklasse	Fahrleistung in Mio fkm	-----Stickoxidemissionen-----		
		pro 1 Mio fkm	Durchschn. pro Jahr	innerhalb 30 Jahren
Euro 1	32,7	*	---	---
Euro 2	375,9	*	---	---
Euro 3	1.078,6	500 kg	18 t	539 t
Euro 4	1.879,4	250 kg	16 t	470 t
Euro 5	3.080,6	180 kg	19 t	555 t
Euro 6	1.675,2	89 kg	5 t	149 t
ohne	57,2	---	---	---
<b>Summen</b>	----	----	<b>58 t</b>	<b>1.713 t</b>

fkm Fahrzeug-Kilometer

\* es existieren keine Grenzwerte

Quellen:

Umweltbundesamt: Pressemitteilung 16/2017 vom 25.04.2017, Abbildung "Durchschnittliche reale Abgasemissionen von Diesel-PKW im Vergleich zu deren Grenzwerten,

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/stickoxid-belastung-durch-diesel-pkw-noch-hoehere>;

Umweltbundesamt, [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge) (Stand: August 2016)

Tab.5: Quellen des verkehrsbedingten Mikrostaubs: Anteile und Mengen 2015

Mikrostaub-Quelle	Anteil*	Mikrostaub Kategorie PM10 Menge**	Mikrostaub Kategorie PM2,5 Menge**
Emissionen der Kfz bei Fahrt auf Straßen	42 %	12.810 t	10.920 t
Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche	34 %	10.370 t	8.840 t
Offroad-Kfz**	17 %	5.185 t	4.420 t
Eisenbahn	4 %	1.220 t	1.040 t
Flugzeuge	2 %	610 t	520 t
Schiffe	1 %	305 t	260 t
<b>Summe</b>	<b>100 %</b>	<b>30.500 t</b>	<b>26.000 t</b>
davon Kfz auf Straßen	76 %	23.180 t	19.760 t

\* Anteile sind auf Bayern bezogen

\*\* Mengen sind auf Deutschland bezogen

\*\*\* Offroad-Kfz = Fahrzeuge in der Land- / Forstwirtschaft, Bauwirtschaft und Industrie sowie Militärfahrzeuge abseits von öffentlichen Straßen

Quellen:

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Zusammensetzung der Emissionen von Feinstaub aus dem Verkehr [www.stmuvm.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/emissionenpm10.htm](http://www.stmuvm.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/emissionenpm10.htm);

eigene Berechnungen nach Umweltbundesamt: Staub (PM10)-Emissionen nach Quellkategorien, Staub (PM2,5)-Emissionen nach Quellkategorien, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2015 (Stand 02/2017)

Tab.6: Quellen des Mikrostaubs durch alle Kfz auf Straßen: Anteile und Mengen 2015

Mikrostaub-Quelle	Anteil*	Mikrostaub Kategorie PM10 Menge**	Mikrostaub Kategorie PM2,5 Menge**
Motoren Benzin-PKWs	7 %	1.665 t	1.420 t
Motoren Diesel-PKWs	12 %	2.818 t	2.402 t
Motoren Nutzfahrzeuge	21 %	4.868 t	4.150 t
Zwischensumme Motoren	40 %	9.351 t	7.972 t
Reifenabrieb	11 %	2.434 t	2.075 t
Bremsenabrieb	4 %	1.025 t	873 t
Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche	45 %	10.370 t	8.840 t
Zwischensumme Abrieb/ Aufwirbelungen	60 %	13.829 t	11.788 t
Summe	100 %	23.180 t	19.760 t

\* Anteile sind auf Bayern bezogen

\*\* Mengen sind auf Deutschland bezogen

Quellen:

eigene Berechnungen nach: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Zusammensetzung der Emissionen von Feinstaub aus dem Straßenverkehr [www.stmuv.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/emissionenpm10.htm](http://www.stmuv.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/emissionenpm10.htm), abgerufen am 7.2.2018;

eigene Berechnungen nach: Umweltbundesamt: Staub (PM10)-Emissionen nach Quellkategorien, Staub (PM2,5)-Emissionen nach Quellkategorien, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2015 (Stand 02/2017)



Tab.7: Fahrleistungen von Kfz und Ausstoß an Mikrostaub durch Kfz-Motoren in Deutschland 2015

Mikrostaub- Quelle	Fahr- leistung (Mrd km)	-----Mikrostaubausstoß-----			
		---Kategorie PM10---		---Kategorie PM2,5---	
		absolut	Anteil	absolut	Anteil
<b>Motoren</b>					
- Benzin-PKW	413	1.665 t	17,8 %	1.420 t	17,8 %
- Diesel-PKW	223	2.818 t	30,1 %	2.402 t	30,1 %
<b>Zwischensumme</b>					
PKW-Motoren	636	4.483 t	47,9 %	3.822 t	47,9 %
- Nutzfahrzeuge	89	4.868 t	52,1 %	4.150 t	52,1 %
<b>Summen</b>	<b>725</b>	<b>9.351 t</b>	<b>100,0 %</b>	<b>7.972 t</b>	<b>100,0 %</b>

Datenbasis:  
Tab.6

Quellen:

eigene Berechnungen nach: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2016/2017, 45. Jahrg., Hamburg, 2016, S. 153;

eigene Berechnungen nach: Umweltbundesamt: Staub (PM10)-Emissionen nach Quellkategorien, Staub (PM2,5)-Emissionen nach Quellkategorien, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2015 (Stand 02/2017)

Tab.8: Fahrleistungen von PKWs und Ausstoß an Mikrostaub durch PKWs in Deutschland 2015

Mikrostaub- Quelle	Fahr- leistung (Mrd km)	-----Mikrostaubausstoß-----			Anteil
		PM10	PM2,5	PM10 + PM2,5	
<b>Motoren</b>					
- Benzin-PKWs	413	1.665 t	1.420 t	3.085 t	15,0 %
- Diesel-PKWs	223	2.818 t	2.402 t	5.220 t	25,4 %
Zwischensumme 1	636	4.483 t	3.822 t	8.305 t	40,4 %
<b>Abrieb/Aufwirbelung durch PKWs*</b>					
- Reifen	636	1.166 t	994 t	2.160 t	10,5 %
- Bremsen	636	491 t	418 t	909 t	4,4 %
- Aufwirbelung	636	4.967 t	4.234 t	9.201 t	44,7 %
Zwischensumme 2	---	6.624 t	5.646 t	12.270 t	59,6 %
<b>Gesamtsumme</b>	---	<b>11.107 t</b>	<b>9.468 t</b>	<b>20.575 t</b>	<b>100,0 %</b>

\* Der Anteil der PKWs an Abrieb/Aufwirbelung wird mit 47,9 % angesetzt, der Anteil der Nutzfahrzeuge mit 52,1 %, entsprechend dem Verhältnis von PKWs zu Nutzfahrzeugen am motoren-bedingten Mikrostaubausstoß (Tab.7)

Datenbasis:  
Tab.6 und 7

Quellen:  
eigene Berechnungen nach: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2016/2017, 45. Jahrg., Hamburg, 2016, S. 153;  
eigene Berechnungen nach: Umweltbundesamt: Staub (PM10)-Emissionen nach Quellkategorien, Staub (PM2,5)-Emissionen nach Quellkategorien, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2015 (Stand 02/2017)

Tab.9: Spezifischer Ausstoß an Mikrostaub durch PKWs in Deutschland 2015

Mikrostaub- Quelle	Fahr- leistung (Mrd km)	-----Mikrostaubausstoß-----			
		---Kategorie PM10--- absolut	pro 1 Mio Fahrz.-km	---Kategorie PM2,5--- absolut	pro 1 Mio Fahrz.-km
<b>Motoren</b>					
- Benzin-PKWs	413	1.665 t	4,03 kg	1.420 t	3,44 kg
- Diesel-PKWs	223	2.818 t	12,64 kg	2.402 t	10,77 kg
<b>Abrieb/Aufwirb.</b>					
- Reifen	636	1.166 t	1,83 kg	994 t	1,56 kg
- Bremsen	636	491 t	0,77 kg	418 t	0,66 kg
- Aufwirbelung	636	4.967 t	7,81 kg	4.234 t	6,66 kg

Datenbasis:  
Tab.8

Tab.10: Entwicklungspfad 1: Abschätzung der Mikrostaubemissionen Kategorien PM10 und PM2,5 des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs im Laufe von 30 Jahren

Mikrostaub- Quelle	Fahr- leistung (Mio km)	-----Mikrostaubausstoß-----				Summe PM10+ PM2,5	Anteil
		-Kategorie PM10-- pro 1 Mio Fahrz.-km absolut	-Kategorie PM2,5- pro 1 Mio Fahrz.-km absolut				
<b>PKW-Antrieb</b>							
- Benzin	14.661,7	4,03 kg	59,1 t	3,44 kg	50,4 t	109,5 t	14,7 %
- Diesel	8.179,6	12,64 kg	103,4 t	10,77 kg	88,1 t	191,5 t	25,6 %
Zwischen- summe 1	---	---	162,0 t	---	138,5 t	300,5 t	40,2 %
<b>Abrieb/Auf- wirbelung durch PKWs*</b>							
Reifen	23.148,7	1,83 kg	42,4 t	1,56 kg	36,1 t	78,5 t	10,5 %
Bremsen	23.148,7	0,77 kg	17,8 t	0,66 kg	15,3 t	33,1 t	4,4 %
Aufwirb.	23.148,7	7,81 kg	180,8 t	6,66 kg	154,2 t	335,0 t	44,8 %
Zwischen- summe 2	---	---	241,0 t	---	205,6 t	446,6 t	59,8 %
Gesamtsumme--		---	403,0 t	---	344,1 t	747,1 t	100,0 %
<b>Durchschnitt pro Jahr</b>						24,9 t	

\* alle PKWs inkl. Gas-, Hybrid-, Elektroantrieb, sonst. Antriebsart

Datenbasis:  
Tab.9

Tab.11: Entwicklungspfad 2: Abschätzung der Mikrostaubemissionen Kategorien PM10 und PM2,5 des durch Stuttgart 21 verursachten PKW-Verkehrs im Laufe von 30 Jahren

Mikrostaub-Quelle	Mikrostaubemissionen	
	Summe PM10+PM2,5	Anteil
Motoren der Benzin- und Diesel-PKW's	112,0 t	20,1 %
Abrieb/Aufwirbelung durch PKW's*	446,6 t	79,9 %
Gesamtsumme	558,6 t	100,0 %
Durchschnitt pro Jahr	18,63 t	

\* alle PKW's inkl. Gas-, Hybrid-, Elektroantrieb, sonst. Antriebsart

Datenbasis:  
Tab.10