
Kurzfassung der Masterarbeit

Das Forschungsprojekt SHOTUP beschäftigt sich mit den Wirkungszusammenhängen zwischen Stadt-, Verkehrs- und Gesundheitsplanung sowie mit den Einflüssen verschiedener stadt- und verkehrsplanerischer Faktoren auf die Luftschadstoffbelastung. In dem Zusammenhang sollen in dieser Arbeit anhand von Messungen, welche im Untersuchungsraum Frankfurt am Main durchgeführt wurden, die Auswirkungen unterschiedlicher Straßenraumtypen auf die Feinstaubexposition von Fußgängern untersucht werden.

Zu Beginn der Arbeit werden die eben genannten Ziele im Detail erläutert und es wird ein Einblick in die Motivation gegeben, welche zum Ausarbeiten einer Masterarbeit zu diesem Thema geführt haben. Zu diesen zählen zum einen die vom Verkehrssektor emittierten Schadstoffe im Allgemeinen, welche in den letzten Jahren durch das Bekanntwerden der Abgasaffäre und das Aufkommen von Diesel-Fahrverboten in deutschen Innenstädten immer weiter in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt sind. Zum anderen haben die durch Feinstaub verursachten gesundheitlichen Probleme und die daraus resultierenden Todesfälle zur Wahl dieses Themas beigetragen.

Im darauf folgenden Abschnitt muss daher zunächst der Begriff der Luftschadstoffe definiert werden, bevor die relevantesten Luftschadstoffe des Verkehrssektors ausgearbeitet werden können. Neben Feinstaub sind dabei insbesondere Stickoxide, NMVCO (d.h. flüchtige organische Verbindung), Kohlenmonoxid und verschiedene Treibhausgase zu nennen. Um einen besseren Überblick zu ermöglichen, werden im Anschluss zu diesen Luftschadstoffen jeweils deren Entstehung, Eigenschaften und Entwicklung in den letzten Jahren näher dargestellt. Der Fokus liegt hier bei der Unterscheidung sowie den Eigenschaften der gängigen Feinstaubarten PM10, PM2,5 und PM0,1 (Ultrafeinstaub), wobei explizit auf die Rolle des Verkehrssektors bei der historischen Entwicklung der Feinstaubbelastungen in Deutschland eingegangen werden soll. Dabei ist von Interesse, dass neben dem Verbrennungsprozess im Motor auch der Abrieb von Bremsen, Reifen und Straßenoberfläche eine wesentliche Feinstaubquelle des Verkehrssektors darstellt.

Daraufhin kann auf die gesundheitlichen Auswirkungen dieser relevanten Luftschadstoffe eingegangen werden. Zu diesem Zweck sollen zunächst allgemeine Begriffe wie Wirkung, Schädigung, Toxizität und Risiko genauer definiert werden, da diese für die Einordnung der Gesundheitswirkungen von Luftschadstoffen von Bedeutung sind. Im Anschluss werden die Auswirkungen von Feinstaub auf den menschlichen Organismus dargestellt. Diese hängen neben der geometrischen Form und chemischen Beschaffenheit der Partikel sowie den auf der Oberfläche anhaftenden Schadstoffen insbesondere von der Korngröße ab. Das ist dadurch begründet, dass die Korngröße maßgebend dafür ist, wie tief die Feinstaubpartikel in den menschlichen Organismus eindringen können. Während Feinstaub PM10 lediglich bis zur Luftröhre und PM2,5 meist nur bis zu den Bronchiolen vordringt, erreichen die ultrafeinen Partikel (PM0,1) über die Lungenbläschen sogar die Blutbahn und können sich so im gesamten Körper anreichern. Daher geht von Feinstaub eine größere Gefahr für die Gesundheit aus, je kleiner dessen Partikel sind. Des Weiteren unterscheiden sich die gesundheitlichen Auswirkungen je nachdem um welche Art von Feinstaub es sich handelt (z.B. organische oder anorganische Verbindungen). Im Anschluss werden kurz die gesundheitsschädlichen Wirkungen der anderen relevanten Luftschadstoffe dargestellt, bevor abschließend noch die wichtigsten in Deutschland geltenden Grenzwerte für Feinstaub sowie deren Geltungsbereich erläutert werden.

Das nächste Kapitel befasst sich mit verschiedenen Faktoren, welche Einfluss auf die Schadstoff- bzw. Feinstaubbelastung aufweisen könnten. Dabei lassen sich drei wesentliche Gruppen unterscheiden: Die meteorologischen, die verkehrlichen sowie die städteplanerischen und baulichen Faktoren. Zunächst jedoch muss der Einfluss der Hintergrundbelastung auf die Feinstaubbelastung von Innenstädten

erläutert werden. Diese unterteilt sich in den großräumigen und den städtischen Hintergrund, welche zusammen mit den Emissionen der lokalen Quellen (z.B. Verkehr) die tatsächlich messbare Belastung ergeben. Die meteorologischen Faktoren unterteilen sich wiederum in die atmosphärische Schichtung, den Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit, den Niederschlag, die Temperatur und die Windverhältnisse. Insbesondere Niederschlag und die Windverhältnisse, d.h. Windrichtung und Windgeschwindigkeit, spielen bei der Belastung mit Feinstaub eine entscheidende Rolle und müssen daher bei der Auswertung der Messungen besonders berücksichtigt werden. Zu den verkehrlichen Faktoren zählen die Geschwindigkeit, der Verkehrsfluss und die Verkehrszusammensetzung. Wobei die Auswirkungen des Verkehrsflusses und der Geschwindigkeit stark miteinander korrelieren. Die dritte und im Rahmen dieser Arbeit entscheidendste Gruppe bilden die städteplanerischen und baulichen Faktoren. Diese unterteilen sich in die Parksituation, die Randbebauung, die Straßenraumbreite, die Straßenlängsneigung, die Straßenoberfläche und die Vegetation innerhalb des Straßenraums. Aufgrund deren Wirkung auf andere wichtige Faktoren wie die Windverhältnisse sind hierbei insbesondere das Verhältnis von Randbebauung zur Straßenraumbreite sowie das Vorhandensein von Parkmöglichkeiten und Vegetation von Interesse.

Um die Wahl geeigneter Straßenquerschnitte für die Messungen zu ermöglichen, muss zunächst eine Kategorisierung der Straßenraumtypen erfolgen. Diese soll sich an der Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt) orientieren, bei welcher verkehrliche sowie städtebauliche Merkmale und deren jeweilige Hauptfunktion unterschieden werden können. Demnach lassen sich für Stadtstraßen zwölf typische Entwurfssituation (vom Wohnweg bis zur anbaufreien Straße) definieren, welche sich wiederum in eine Vielzahl an Querschnitten unterteilen lassen. Diese Unterteilung erfolgt dabei anhand der entwurfsprägenden Nutzungsansprüche von Fußgängern, Radfahrern, des ÖPNV und des Kraftfahrzeugverkehrs sowie an der verfügbaren Straßenraumbreite.

Da anhand dieser Kategorisierung allein eine Festlegung des Untersuchungsraums zu differenziert werden würde, sollen die Untersuchungsquerschnitte zunächst anhand der vier wesentlichen baulichen und städteplanerischen Faktoren (Parksituation, Randbebauung, Straßenraumbreite und Vegetation) identifiziert werden. Um möglichst viele unterschiedliche Straßenraumtypen abzubilden, sollen neben den stationären auch dynamische Messungen durchgeführt werden. Dabei soll ein fester Start- und Endpunkt über zwei unterschiedliche Routen miteinander verbunden werden, wobei eine überwiegend vielbefahrene Hauptstraßen nutzt, während die andere Route durch Wohngebiete mit geringeren Verkehrsaufkommen führt. Somit sollen einerseits Rückschlüsse über die Wahl der Route auf die Feinstaubbelastung ermöglicht werden und andererseits können auf diese Weise eine größere Zahl unterschiedlicher Straßenraumtypen, welche bei den dynamischen Messungen durchquert werden, auf deren Einfluss bezüglich der Feinstaubexposition von Fußgängern untersucht werden. Für die stationären Messungen wurden im Innenstadtbereich von Frankfurt zudem drei Messpunkte identifiziert, an welchen die Auswirkungen des jeweiligen Straßenraumtyps über einen längeren Zeitraum untersucht werden können. Neben den unterscheidbaren Querschnitten weisen die Straßen an den drei Messpunkten jedoch ähnliche Randbedingungen auf, wodurch diese besser miteinander verglichen werden können. Abschließend können sowohl die Straßenraumtypen der stationären Messungen als auch die unterschiedlichen Straßenquerschnitte der beiden Messrouten mit den typischen Entwurfssituationen der RASt verglichen werden.

Nach dieser Festlegung der Untersuchungs-Querschnitte soll genauer auf den Ablauf der einzelnen Messungen und auf die dabei zum Einsatz kommende Messtechnik eingegangen werden. Die Partikelgrößenverteilung und Staubmassefraktionen von Feinstäuben der Größen PM₁₀ bis PM₁ werden dabei mit einem tragbaren Aerosolspektrometer nach dem Prinzip der Streulichtmessung an Einzelpartikeln ermittelt. Mit einem weiteren batteriebetriebenen Handinstrument können die

lungendeponierbare Oberflächenkonzentration (LDSA), die Anzahlkonzentration und der durchschnittliche Durchmesser von Nanopartikeln gemessen werden. Dabei eignen sich beide Geräte sowohl für die stationären Messungen als auch für den mobilen Betrieb. Um starke Verfälschungen der Ergebnisse aufgrund meteorologischer Faktoren zu vermeiden, sollen einerseits Niederschlag oder extreme Windverhältnisse vermieden werden und andererseits eine Dokumentation der Wetter-Daten erfolgen. Bei den Messungen müssen zudem externe Störfaktoren möglichst ausgeschlossen werden, welche beispielsweise von Baustellen oder Industrieanlagen ausgehen könne. Auch muss eine Verkehrsuntersuchung durchgeführt werden, um Rückschlüsse der Feinstaubbelastung aufgrund der Faktoren Geschwindigkeit, Verkehrsfluss und -zusammensetzung zu gewährleisten. Zur späteren Überprüfung der Verkehrsuntersuchung oder zur Identifizierung von Besonderheiten während der Messung wird der Verkehr zusätzlich videodokumentiert. Die Messungen werden zudem nur an Werktagen und dabei insbesondere an Vor- und Nachmittagen durchgeführt. Dies soll die Vergleichbarkeit der Messungen untereinander aufgrund der ähnlichen Verkehrsbelastungen vereinfachen.

Im nächsten Abschnitt werden die Ergebnisse der durchgeführten Messungen detailliert dargestellt. Zu diesem Zweck werden die Darstellung und der Inhalt der relevanten Daten sowie deren Ermittlung genauer beleuchtet. Bei den stationären Messungen werden dabei die Durchschnittswerte pro 15-Minuten-Intervall angegeben, während bei den dynamischen Messungen die durchschnittlichen Werte einerseits pro Gesamtroute und andererseits für die jeweiligen Straßenraumtypen differenziert dargestellt werden. Im Anschluss erfolgt eine Erläuterung der übrigen gesammelten Daten, welche für die Auswertung von Bedeutung sind. So werden zum einen die während der Messungen vorherrschenden Hintergrundbelastungen und meteorologischen Einflüsse dargestellt. Die Hintergrundbelastung bezieht sich dabei lediglich auf ultrafeine Partikel und wurde anhand einer lokalen Luftmessstelle im Frankfurter Stadtteil Sachsenhausen ermittelt. Zum anderen müssen die bei der Verkehrsuntersuchung gesammelten Daten zur Verkehrszusammensetzung aufbereitet werden. Dabei werden den unterschiedlichen Fahrzeugarten zunächst anhand von Kraftstoffkonzept, Schadstoffklasse und durchschnittlicher Masse Faktoren zugeordnet, welche eine Umrechnung in eine einheitliche fiktive Größe (Pkw-Einheiten) ermöglichen. Aus der Gesamtmasse der gesammelten Daten können nun die Feinstaubexpositionen der verschiedenen Straßenraumtypen dargestellt werden. Dabei sind jeweils Querschnitte miteinander zu vergleichen, bei welchen während der Messungen ähnliche Randbedingungen festgestellt wurden. Auf diese Weise sollen Rückschlüsse über die Auswirkungen des Straßenraumtyps auf die Belastung mit Feinstaub ermöglicht werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei einerseits auf dem Vergleich der Messpunkte 1 und 2 und andererseits auf der Gesamtbetrachtung der Routen A und B. Auch die verschiedenen Querschnitte der Route A sollen auf deren Auswirkungen auf die Feinstaubbelastung genauer untersucht werden.

Schließlich können die gesammelten Erkenntnisse in einem Fazit zusammengefasst werden. Zudem kann hier ein Ausblick erfolgen, in welchem Umfang in diesem Bereich und unter Einbeziehung der ermittelten Ergebnisse weiterer Forschungsbedarf besteht.