

TEXTE

72/2022

Leitfaden für Städte und Gemeinden zu Remote Sensing Messungen von Fahrzeugemissionen

Praktische Tipps für die Umsetzung

TEXTE 72/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3718 52 100 0
FB000949

Leitfaden für Städte und Gemeinden zu Remote Sensing Messungen von Fahrzeugemissionen

Praktische Tipps für die Umsetzung

von

Dr. Sandra Wappelhorst, Uwe Tietge
ICCT - International Council on Clean Transportation Europe
gemeinnützige GmbH, Berlin

Volker Diegmann
IVU Umwelt GmbH, Freiburg

Prof. Stefan Hausberger
TU Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und
Thermodynamik (IVT), Graz

Dr. Jens Borken-Kleefeld
JBK, Wien

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

IVU Umwelt GmbH
Emmy-Noether-Str. 2
79110 Freiburg

Abschlussdatum:

April 2023

Redaktion:

Fachgebiet I 2.2 „Schadstoffminderung und Energieeinsparung im Verkehr“
Christiane Vitzthum von Eckstädt

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Ziel dieses Leitfadens.....	8
2 Remote Sensing Systeme zur Messung von Fahrzeugemissionen.....	9
2.1 Emission Detection and Reporting (EDAR) System des amerikanischen Herstellers Hager Environmental and Atmospheric Technologies, kurz HEAT.....	9
2.2 RS5000 Instrument der spanischen Firma OPUS Remote Sensing Europe, kurz OPUS RSE .	10
2.3 Vergleich der Messsysteme	12
3 Rechtliche Lage.....	13
3.1 Eingriff in das allgemeine Persönlichkeitsrecht (Art. 2 Abs. 1 Grundgesetz).....	13
3.2 Rechtsgrundlagen zur Erfassung von Kennzeichen	13
4 Praktische Umsetzung von Remote Sensing	15
4.1 Projektvorbereitung und -beteiligte	15
4.2 Datenschutz	16
4.3 Genehmigungen.....	19
4.4 Öffentlichkeitsarbeit	20
4.5 Standortauswahl	24
5 Datenmanagement.....	25
5.1 Organisation der Datenauswertung.....	25
5.2 Einfluss von high-emittern	26
6 Checkliste	28
7 Quellenverzeichnis	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau des Remote Sensing Messinstruments der Firma HEAT 9	
Abbildung 2:	Aufbau des Remote Sensing Messinstruments der Firma OPUS RSE	11
Abbildung 3:	Wesentliche Projektbeteiligte im Rahmen von Remote Sensing Messungen	16
Abbildung 4:	Auszug aus der Datenschutzerklärung auf den Internetseiten der Stadt Frankfurt am Main	17
Abbildung 5:	Schematischer Ablauf zur Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt zum Fahrzeugkennzeichenabgleich.....	19
Abbildung 6:	Kommunikationsmedien zum Einsatz bei Remote Sensing Messungen	20
Abbildung 7:	Internetseite der Stadt Frankfurt am Main mit Hinweis auf die Remote Sensing Messungen	21
Abbildung 8:	Pressemitteilung der Stadt Frankfurt am Main im Vorfeld der Remote Sensing Messungen	22
Abbildung 9:	Aushang am Messstandort zur Information interessierter Bürgerinnen und Bürger	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich der Messsysteme der Firma HEAT und OPUS RSE anhand ausgewählter Kriterien	12
Tabelle 2:	Kriterien zur Standortauswahl.....	24

Abkürzungsverzeichnis

BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EDAR	Emission Detection and Reporting System
GG	Grundgesetz
OWiG	Gesetz über Ordnungswidrigkeiten
StPO	Strafprozessordnung
StVG	Straßenverkehrsgesetz
UBA	Umweltbundesamt

1 Ziel dieses Leitfadens

Dieser Leitfaden hat zum Ziel, den Behörden in Deutschland Wege zur Nutzung der Emissionsmesstechnik „Remote Sensing“ als Maßnahme zur Identifizierung von Ursachen für Überschreitungen von Luftqualitätsgrenzwerten durch den Straßenverkehr näher zu bringen und ggf. Wege zur Umsetzung dieser Technik aufzuzeigen. Städte und Gemeinden finden in diesem Leitfaden praktische Tipps für die Anwendung und die damit einhergehende Datenanalyse. Der Leitfaden basiert auf einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes (UBA)¹, im Rahmen dessen Remote Sensing Messungen in der Stadt Frankfurt am Main im Zeitraum Januar bis Februar und August bis September 2020 durchgeführt wurden.

Warum ist Remote Sensing sinnvoll? Remote Sensing kann ein wichtiges Instrument in der Luftreinhalteplanung von Städten und Gemeinden darstellen. Mit Hilfe von Remote Sensing können die Emissionen von tausenden von Fahrzeugen im Vorbeifahren gemessen werden. Die so gewonnenen Daten erlauben einen genauen Überblick zu den realen Emissionen (nicht nur, aber insbesondere auch von Stickstoffoxiden) der Fahrzeugflotte innerhalb einer Stadt oder Kommune. Liegen ausreichend Datenpunkte vor, so lassen sich die Emissionen nicht nur insgesamt, sondern auch untergliedert nach Antriebsart (z. B. Benzin, Diesel), Fahrzeugtyp und Schadstoffklassen (z. B. Euro 6, Euro 5) auswerten.

¹ Diegmann, V.; Neunhäuserer, L.; Wursthorn, H.; Latt, C.; Mock, P.; Tietge, U.; Wappelhorst, S.; Dippold, M.; Matzer, C.; Hausberger, S.; Borken-Kleefeld, J. (2022). Remote Sensing zur Emissionsmessung von Kfz, Ermittlung der Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Remote Sensing zur Emissionsmessung von im Verkehr befindlichen Kfz sowie die Erarbeitung von Vorschlägen zur Weiterentwicklung des Handbuchs für Emissionsfaktoren im Straßenverkehr. UBA-Texte 62/2022.

2 Remote Sensing Systeme zur Messung von Fahrzeugemissionen

Mit Remote Sensing können die realen Schadstoffemissionen von vorbeifahrenden Fahrzeugen kontaktlos gemessen werden. Die Technologie bedient sich dabei der spektralen Absorption, d. h. unterschiedliche Schadstoffe absorbieren Licht (hier aus Ultraviolett- und Infrarotquellen) bei verschiedenen Wellenlängen. Die Intensität der Absorption ist proportional zur Schadstoffmenge. Neben Schadstoffkonzentrationen von Stickstoffmonoxid (NO) können auch Aussagen zu Stickstoffdioxid (NO₂), Ruß, Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffen (HC) gemacht werden; bei manchen Konfigurationen kann auch Ammoniak (NH₃) gemessen werden (Borken-Kleefeld & Dallmann, 2018; Bernard et al., 2019).

Im europäischen Raum werden derzeit zwei verschiedene Remote Sensing Instrumente zur Messung von Fahrzeugemissionen kommerziell eingesetzt. Eine Übersicht der Unterschiede und Gemeinsamkeiten wird in Tabelle 1 dargestellt. Zu diesen zwei Instrumenten zählen zum einen das Emission Detection and Reporting (EDAR) System des amerikanischen Herstellers Hager Environmental and Atmospheric Technologies, kurz HEAT und zum anderen das RS5000 Instrument der spanischen Firma OPUS Remote Sensing Europe, kurz OPUS RSE, die im Folgenden näher beschrieben und verglichen werden.

2.1 Emission Detection and Reporting (EDAR) System des amerikanischen Herstellers Hager Environmental and Atmospheric Technologies, kurz HEAT

Abbildung 1 links zeigt den schematischen Aufbau des Remote Sensing Instruments der amerikanischen Firma HEAT im Straßenbereich. Abbildung 1 rechts zeigt ein Foto des Messinstruments unter Realbedingungen am Beispiel von Messungen in einem Straßenabschnitt in der Stadt Frankfurt am Main.

Abbildung 1: Aufbau des Remote Sensing Messinstruments der Firma HEAT



Schematischer Aufbau des Remote Sensing Messinstruments der Firma HEAT (links) und Foto von Messungen in Frankfurt am Main im Realbetrieb (rechts)

Quelle: Borken-Kleefeld & Dallmann, 2018; Philipp Wolfrum, Umweltamt Stadt Frankfurt am Main

Die Firma HEAT verwendet zur Messung der Fahrzeugemissionen das sogenannte Emission Detection and Reporting System, kurz EDAR System. Das EDAR System besteht aus einer Halterung beziehungsweise einem hydraulischen Arm, der auf etwa fünf Meter über der Straßenbahnoberfläche angehoben werden kann und am Straßenrand aufgestellt wird. Das EDAR System selbst besteht aus drei aufeinander abgestimmten Elementen. Hierzu zählen ein Lasererkennungsgerät, ein Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdetektor sowie eine Kamera zur Erfassung des Fahrzeugkennzeichens. Beim EDAR System wird aus einer Höhe von etwa fünf Metern ein Laserstrahl von oben auf die Fahrbahn gerichtet. Dieser Strahl wird dabei mit 10.000 Hz hin- und hergeschwenkt, so dass die gesamte Breite der Fahrbahn überdeckt wird. Auf der Fahrbahnoberfläche ist ein Reflektorstreifen angebracht, der den Lichtstrahl zurückspiegelt. Weil die gesamte Fahrbahnbreite überdeckt wird, ist die Erfassung der Abgasemissionen weitgehend unabhängig von der exakten Anordnung und Position der Auspuffanlage. Der Reflektorstreifen ist selbsterneuernd und ersetzt sich bei Nässe oder auch Verschmutzung innerhalb von Sekunden automatisch. Durch Spektrographie lässt sich die Schadstoffkonzentration in der Abgaswolke und letztlich das Emissionslevel errechnen. Die Kamera zur Erfassung des Fahrzeugkennzeichens dient dazu, um später anonymisierte technische Parameter des Fahrzeugs abfragen zu können (Borken-Kleefeld & Dallmann, 2018; HEAT, 2019).

Das Messsystem des amerikanischen Herstellers HEAT misst, wie bereits beschrieben, die Emissionen von oben aus circa fünf Meter Höhe. Aufgrund der technischen Konstruktion ist das System weitestgehend ortsgebunden und die Veränderung des Standortes ist mit einem erhöhten technischen und zeitlichen Aufwand verbunden. Die Messungen mit dem HEAT System können über den gesamten Tag und während der Nacht erfolgen, da das System automatisiert ist und keiner zusätzlichen personellen Betreuung bedarf. Das Messsystem eignet sich für die Messung an hoch belasteten Straßen mit leichter Steigung und/oder an Standorten, an denen die Beschleunigung von Fahrzeugen gewährleistet ist, wie zum Beispiel hinter einem Kreisverkehr oder einer Ampelanlage.

Aufgrund der technischen Konstruktion mit Hilfe eines hydraulischen Schwenkarms können Fahrzeugemissionen nicht nur auf einer einspurigen, sondern auch auf einer beliebigen Spur einer mehrspurigen Straße gemessen werden. Spurtreue der Fahrzeuge wäre allerdings wichtig, um einzelne Messungen auch einzelnen Fahrzeugen zuordnen zu können. Bei einer Rate von 90% gültigen Messungen sind also mehrere Tausend Messpunkte pro Tag möglich. Laut Hersteller liegt die Messgenauigkeit von Stickstoffmonoxid, kurz NO, bei ± 10 ppm, wobei die Maßeinheit ppm den Volumenanteil von Stickstoffmonoxid (NO) im Abgasvolumenstrom beschreibt; für Stickstoffdioxid, kurz NO₂, liegen zur Messgenauigkeit keine Angaben des Herstellers vor.

2.2 RS5000 Instrument der spanischen Firma OPUS Remote Sensing Europe, kurz OPUS RSE

Abbildung 2 zeigt im oberen Teil den schematischen Aufbau des Remote Sensing Instruments des spanischen Herstellers OPUS RSE. Der untere Bereich der Abbildung zeigt zwei Fotos von Messungen mit dem OPUS System unter Realbedingungen, ebenfalls am Beispiel von Messungen in einem Straßenabschnitt in der Stadt Frankfurt am Main.

Abbildung 2: Aufbau des Remote Sensing Messinstrumentes der Firma OPUS RSE



Schematischer Aufbau des Remote Sensing Messinstrumentes der Firma OPUS RSE (oben) und Foto von Messungen in Frankfurt am Main im Realbetrieb (unten)

Quelle: OPUS RSE

Das Remote Sensing Instrument der Firma OPUS RSE funktioniert ähnlich wie das EDAR System der amerikanischen Firma HEAT. Allerdings erfolgt die Messung horizontal vom Straßenbahnrand aus. Am gegenüberliegenden Straßenrand der Lichtquelle und des Detektormoduls wird ein Reflektor aufgestellt. Darüber hinaus werden ebenfalls die Geschwindigkeit und die Beschleunigung sowie die Fahrzeugkennzeichen mit einer Kamera erfasst.

Der technische Aufbau ermöglicht einen flexiblen Einsatz des Systems; Standortwechsel sind kurzfristig möglich. Wenn das System nicht fix installiert ist, dann wird es am Ende der Messzeit wieder abgebaut. Außerdem wird – in der Regel – Tageslicht zur Erfassung des Kennzeichens benötigt. Daher wird es zumeist nur tagsüber zwischen circa 6 Uhr morgens bis 18 Uhr abends eingesetzt. Das Messsystem eignet sich für die Messung an mittel belasteten Straßen, ebenfalls mit leichter Steigung und/oder an Stellen hinter Kreisverkehren oder Ampelanlagen, an denen die Beschleunigung von Fahrzeugen gewährleistet ist. Damit die einzelnen Messwerte auch einzelnen Fahrzeugen zugeordnet werden können, sollte nur eine Spur überdeckt werden. Aufgrund der horizontalen Ausrichtung des Messinstrumentes bedeutet das einen Einsatz an einspurigen oder entspricht eng geführten Straßen, idealerweise mit einer Mittelinsel. Pro Tag

können mit einem Gerät etwa 800 bis 3.000 Messungen erfolgen. Laut OPUS RSE liegt die Messgenauigkeit für Stickstoffmonoxid, kurz NO, bei ± 150 bzw. ± 225 ppm bei stärkeren bzw. schwächeren Abgasfahnen. Für Stickstoffdioxid, kurz NO₂, liegen zur Messgenauigkeit keine Angaben des Herstellers vor.

2.3 Vergleich der Messsysteme

Beide Messinstrumente stellen sicher, dass die Emissionsmessungen ohne Berührung und Eingriff in den Verkehrsfluss erfolgen können. Allerdings unterscheiden sich beide Systeme wie bereits dargestellt im Aufbau. Darüber hinaus unterscheiden sie sich im Betrieb, dem gewählten Standort und der Anzahl der Spuren, die mit den Instrumenten gemessen werden können, der Messgenauigkeit und der Produktivität im Sinne von Fahrzeugerfassungen pro Tag. Tabelle 1 stellt anhand dieser fünf Kriterien beide Messsysteme gegenüber.

Tabelle 1: Vergleich der Messsysteme der Firma HEAT und OPUS RSE anhand ausgewählter Kriterien

	HEAT EDAR	OPUS RSD 5000
Aufbau	- Von oben (vertikal) - Weitestgehend ortsgebunden	- Von der Seite (horizontal) - Flexibel, kann täglich zwischen Standorten variieren
Betrieb	24 Stunden am Tag, automatisiert	Tagsüber von ca. 6 bis 18 Uhr, betreut durch Personal
Standort und Spurenmessung	- Hoch belastete Straßen mit Steigung bzw. Beschleunigung - Spurenzahl beliebig aufgrund der technischen Konstruktion	- Mittel belastete Straßen mit Steigung bzw. Beschleunigung - Spurenzahl auf eine begrenzt
Produktivität	Circa 2.000 bis 4.000 Messungen pro Tag	Circa 800 bis 3.000 Messungen pro Tag und Gerät
Schadstofffassung	Stickstoffdioxid (NO ₂), Stickstoffmonoxid (NO), Ruß, Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlendioxid (CO ₂)	
Messgenauigkeit laut Hersteller	- Stickstoffmonoxid (NO): +/- 10 ppm - Stickstoffdioxid (NO ₂): keine Angaben	- Stickstoffmonoxid (NO): +/- 150 oder 225 ppm - Stickstoffdioxid (NO ₂): keine Angaben
Herkunft	Hager Environmental & Atmospheric Technologies (HEAT) - Knoxville, Tennessee (USA)	OPUS RSE - Madrid (Spanien)

ppm ist die Maßeinheit des Volumenanteils von Stickstoffmonoxid (NO) bzw. Stickstoffdioxid (NO₂) im Abgasvolumenstrom

Welches Messsystem von einer Stadt oder Gemeinde gewählt wird, hängt im Wesentlichen davon ab, wo und von welchen Fahrzeugen Emissionen gemessen werden sollen und ob der Aufbau des jeweiligen Messinstruments an den potenziellen Standorten möglich ist.

Außer den beiden für das Projekt ausgewählten Messsystemen gibt es weitere Remote Sensing Technologien, die sich allerdings noch in einem Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium befinden oder aus anderen Gründen aktuell nicht in Europa für eine breitere Anwendung zur Verfügung stehen. Hierzu zählen die "Plume Chasing" sowie die "Point Sampling" Technologie, welche im Rahmen eines aktuell laufenden Projekts der Europäischen Union weiterentwickelt und getestet werden (CARES, 2022).

3 Rechtliche Lage

In Europa sind seit 2011 in verschiedenen Städten und Regionen Remote Sensing Messungen mit den Messsystemen der Firmen HEAT und OPUS RSE durchgeführt worden. Außerhalb von Deutschland zählen hierzu beispielsweise Städte wie Paris, Madrid, London, Krakau, Prag, Mailand und Sofia. Darüber hinaus sind Messungen in Flandern, Schottland, Dänemark und Schweden erfolgt. Vorreiter ist die Schweiz, die seit 2011 regelmäßig die Emissionen von Fahrzeugen misst. In den genannten Städten, Regionen und Ländern werden vermehrt seit 2017 punktuelle Remote Sensing Messungen durchgeführt.

In Deutschland sind bislang in Aachen, Berlin und Frankfurt am Main Remote Sensing Messungen im Rahmen von zeitlich begrenzten Projekten erfolgt. Wesentlicher Grund für die derzeit geringe Anzahl von Projekten ist vor allem die rechtliche Lage in Deutschland, die nach derzeitigem Stand Emissionsmessungen mit Hilfe von Remote Sensing nur zu bestimmten Zwecken, z. B. im Rahmen von Forschungsprojekten, zulässt. Den Kern der Problematik bilden dabei die Kennzeichenerfassung während der Messungen, verbunden mit dem notwendigen Datenabgleich durch das Kraftfahrtbundesamt zur Ermittlung der technischen Fahrzeugdaten. Dies führt zu einem Eingriff in das im Grundgesetz verankerte allgemeine Persönlichkeitsrecht der von den Messungen betroffenen Personen. Solche Eingriffe bedürfen stets einer gesetzlichen Grundlage, die hier allerdings fehlt. Im Folgenden werden die rechtlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit Remote Sensing Messungen näher beschrieben.

3.1 Eingriff in das allgemeine Persönlichkeitsrecht (Art. 2 Abs. 1 Grundgesetz)

Artikel 2 Absatz 1 des Grundgesetzes besagt, dass jeder das Recht auf die freie Entfaltung seiner Persönlichkeit hat. Hieraus leitet sich die Befugnis des Einzelnen ab, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu bestimmen – das sogenannte Recht auf informationelle Selbstbestimmung. Zu den geschützten persönlichen Daten zählen auch Kennzeichen von Kraftfahrzeugen. Auch wenn diese für sich genommen nur einen geringen Informationsgehalt haben, kann der Umgang mit ihnen aufgrund der bestehenden Verarbeitungs- und Verknüpfungsmöglichkeiten grundrechtserhebliche Auswirkungen haben (Bundesverfassungsgericht, Beschluss vom 18.12.2018 – 1 BvR 142/15). Daher ist jede automatisierte Erfassung von Kraftfahrzeugkennzeichen durch den Staat, die als personenbezogene Daten dem Halter zugeordnet werden können, ein Eingriff in das Recht auf informationelle Selbstbestimmung.

3.2 Rechtsgrundlagen zur Erfassung von Kennzeichen

Eingriffe in Grundrechte und damit auch die automatisierte Erfassung von Kraftfahrzeugkennzeichen durch den Staat erfordern stets eine gesetzliche Ermächtigungsgrundlage sowie die Wahrung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit

Ermächtigungsgrundlagen für die automatisierte Kennzeichenerfassung von Fahrzeugen gibt es bereits, jedoch liegen deren Voraussetzungen bei den hier besprochenen Datenerhebung nicht vor.

So ist Voraussetzung für eine automatisierte Erfassung von Kraftfahrzeugkennzeichen durch den Staat nach § 100h StPO iVm § 46 OWiG auf die sich die Kennzeichenerfassung bei Geschwindigkeitsübertretungen stützt, die Verfolgung einer Straftat oder einer Ordnungswidrigkeit nach dem Straßenverkehrsgesetz (StVG), um die es bei Emissionsmessungen nicht geht.

Der im Jahr 2019 eingeführte § 63c StVG bildet ebenso keine hinreichende Grundlage für die automatisierte Kennzeichenerfassung im Rahmen der hier besprochenen Emissionsmessungen. Die dort legitimierte automatisierte Erfassung von Fahrzeugkennzeichen und der Abgleich mit dem Fahrzeugregister ist nur zur Überprüfung der Einhaltung von Verkehrsbeschränkungen und Verkehrsverboten aufgrund immissionsschutzrechtlicher Vorschriften oder aufgrund straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften zum Schutz vor Abgasen zulässig. Eine Anwendbarkeit auf die im Rahmen der Emissionsmessungen mit Hilfe von Remote Sensing erfolgende Kennzeichenerfassung scheidet aus, da der mit diesen Messungen verfolgten Zweck nicht in den Anwendungsbereich der Norm fällt.

Die für Behörden notwendige gesetzliche Grundlage für die automatisierte und zeitlich unbegrenzte Erfassung der Kraftfahrzeugkennzeichen für Emissionsmessungen fehlt daher bislang. Für Emissionsmessungen mit zeitlich begrenzter Datenerhebung, wie z. B. im Rahmen von wissenschaftlichen Forschungsarbeiten oder zur punktuellen Evaluierung von Maßnahmen aus dem Luftreinhalteplan, sind dann zulässig, wenn rechtliche, insbesondere datenschutzrechtliche Anforderungen der DSGVO eingehalten werden. Detaillierte Informationen hierzu finden sich auf der Internetseite der Stadt Frankfurt am Main (Stadt Frankfurt am Main, 2020).

4 Praktische Umsetzung von Remote Sensing

Abgesehen von einer vom Autohersteller Ford in Auftrag gegebenen Messung in Aachen sind bislang in Deutschland lediglich Remote Sensing Messungen in der Stadt Berlin und der Stadt Frankfurt am Main (im Rahmen des hier beschriebenen Forschungsprojektes) durchgeführt worden. Die hier dargestellten Aspekte und Vorgehensweisen sind angelehnt an die Remote Sensing Messungen in Berlin und Frankfurt am Main, lassen sich aber auch auf andere Städte und Gemeinden übertragen.

Bei der praktischen Umsetzung von Remote Sensing Messungen müssen insbesondere im Vorfeld verschiedene Aspekte berücksichtigt und umgesetzt werden, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Hierzu zählen die Themen Projektvorbereitung und Projektmanagement, Datenschutz, Genehmigungen, Öffentlichkeitsarbeit und Standortwahl.

4.1 Projektvorbereitung und -beteiligte

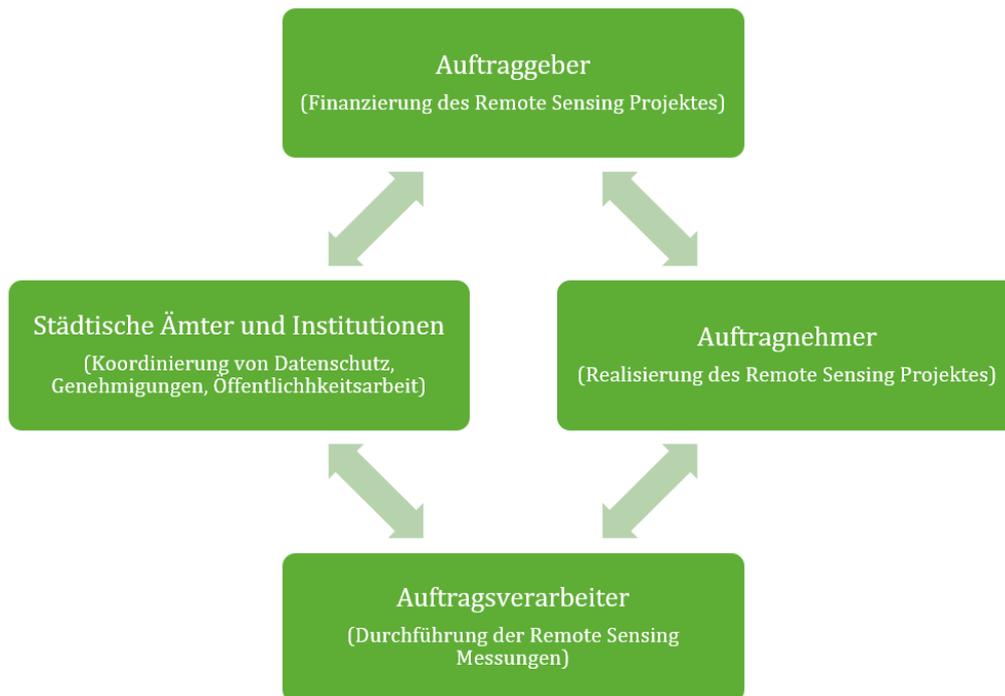
Vor Beginn eines potenziellen Projektes zur Messung von Fahrzeugemissionen mit Hilfe von Remote Sensing ist es wichtig, sowohl alle zu beteiligenden Partner als auch von städtischer bzw. gemeindlicher Seite entsprechenden Ämter und Institutionen von Anfang an zu involvieren, um mögliche Verzögerungen der Messungen zu vermeiden. Dies kann im Rahmen eines ersten Projektmeetings erfolgen. Bedarfsweise ist auch eine Vorab-Besichtigung der möglichen Messstandorte sinnvoll. Letzteres ist insbesondere dann wichtig, wenn wie im Fall der Remote Sensing Messungen mit dem Messsystem der Firma HEAT technische Infrastrukturen wie Oberleitungen von Straßenbahnen mit dem fünf Meter hohem Messinstrument kollidieren könnten. Auch bei Stromleitungen, Bäumen oder anderen Infrastrukturen/Gegenständen im öffentlichen Straßenraum in Höhe des Messinstruments ist im Vorfeld zu prüfen, ob diese den Aufbau und damit die Messungen behindern könnten.

Zu den im Projekt beteiligten Partnern zählen im Wesentlichen Auftraggeber, Auftragnehmer und Auftragsverarbeiter (Abbildung 3). Der Auftraggeber ist für die Finanzierung des Projektes, d.h. hier die Remote Sensing Messungen, zuständig. Hierbei kann es sich um eine städtische Verwaltungseinheit, Umweltbehörde, ein Landesministerium oder ein privates Unternehmen handeln. Der Auftraggeber übergibt die Realisierung des Projektes einem Auftragnehmer, d.h. einem Unternehmen, das über Erfahrung mit der Umsetzung von Remote Sensing Projekten und der Datenauswertung verfügt. Der Auftragsverarbeiter ist das Unternehmen, das über die Messtechnik verfügt und die Remote Sensing Messungen durchführt und für dessen Qualitätssicherung zuständig ist.

Die zu beteiligenden städtischen Ämter unterscheiden sich namentlich je nach Stadt- oder Gemeindeverwaltung. Grundsätzlich sollten Ämter beteiligt sein, die sich mit der Luftreinhalteplanung beschäftigen (z. B. Umweltamt, Amt für Umweltschutz). Da je nach Messsystem eine temporäre Absperrung von öffentlichen Verkehrsflächen während des Aufbaus notwendig ist (hier vor allem beim Aufbau des Messinstruments der Firma HEAT) und auch eine Sondernutzungserlaubnis notwendig sein kann (z. B. für das Einlassen des Reflektorstreifens der Firma HEAT, Aufstellung der Messsysteme im öffentlichen Straßenraum) sind die Regelungen mit der Verwaltung vor Ort zu prüfen und die entsprechenden Genehmigungen im Vorfeld der Messungen einzuholen (z. B. beim Straßenamt, Straßenverkehrsamt, Amt für Straßenbau und Erschließung). Der Datenschutz spielt ebenfalls eine wichtige Rolle (siehe nächstes Kapitel). Daher sollte der oder die behördliche Datenschutzbeauftragte(r) von Anfang an mit einbezogen werden. Falls Oberleitungen von Verkehrsträgern oder Grünwuchs im öffentlichen Straßenraum die Messungen behindern könnten, sind ebenfalls die entsprechenden Institutionen oder Ämter

einzubeziehen wie die örtlichen Verkehrsgesellschaften oder Grünflächenämter. Für die Öffentlichkeitsarbeit ist der oder den/die jeweilige(n) Pressesprecher(in) einzubinden.

Abbildung 3: Wesentliche Projektbeteiligte im Rahmen von Remote Sensing Messungen



Quelle: ICCT

4.2 Datenschutz

Unabhängig davon, in welchem Rechtsrahmen Remote Sensing Messungen in Deutschland durchgeführt werden, spielt der Aspekt des Datenschutzes eine wesentliche Rolle.

Im Rahmen der Remote Sensing Messungen in der Stadt Frankfurt am Main waren zur Abklärung datenschutzrechtlicher Aspekte verschiedene Parteien involviert. Hierzu zählten

- ▶ das Umweltbundesamt als Auftraggeber des Forschungsprojektes,
- ▶ das International Council on Clean Transportation: Unterauftragnehmer im Forschungsprojekt für den Teil der Emissionsmessungen und Auftraggeber für die Messfirmen (im Folgenden Auftragnehmer)²,
- ▶ die Firmen HEAT und OPUS RSE, die mit den Remote Sensing Messungen vor Ort betraut waren (im Folgenden Auftragsverarbeiter),
- ▶ das Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main als städtischer Ansprechpartner und Koordinator sowie das Amt für Datenschutz der Stadt Frankfurt am Main und
- ▶ das Kraftfahrtbundesamt (KBA) als Schnittstelle zwischen Datenübermittlung und Datenverarbeitung.

Auf Grundlage der Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt sind weiterhin auch folgende Schritte vor Start der Messungen zwingend erforderlich und müssen erfolgreich abgeschlossen sein, um die Einhaltung aller relevanter datenschutzrechtlicher Aspekte zu gewährleisten:

² Der Auftragnehmer des Forschungsprojektes insgesamt ist hier irrelevant.

- **Datenschutzerklärung von Seiten der Stadt/Gemeinde, die die Remote Sensing Messungen durchführt.** Ziel der Datenschutzerklärung ist es, Betroffene über den Zweck der Datenerhebung zu informieren sowie über den Umfang der Datenverarbeitung, die Rechtsgrundlage, Empfänger der Daten, Dauer der Speicherung sowie Rechte der Betroffenen zu informieren. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus der Datenschutzerklärung, die im Vorfeld der Messungen auf der Internetseite der Stadt Frankfurt am Main veröffentlicht wurde (die gesamte Datenschutzerklärung findet sich im Anhang). In der Datenschutzerklärung wird unter anderem darauf hingewiesen, dass es sich bei den Messungen in erster Linie um ein Forschungsprojekt handelt, in dessen Rahmen Fahrzeugkennzeichen an das Kraftfahrtbundesamt weitergeleitet werden, wo wiederum anhand der Kennzeichen relevante und ausschließlich technische Merkmale den jeweiligen Fahrzeugen zugeordnet werden. Weiterhin wird in der Datenschutzerklärung darauf hingewiesen, dass die ausgelesenen Kennzeichen nach Übermittlung an das Kraftfahrtbundesamt gelöscht und lediglich anonymisierte Daten für die weitere Auswertung im Projekt genutzt werden.

Abbildung 4: Auszug aus der Datenschutzerklärung auf den Internetseiten der Stadt Frankfurt am Main



Informationen gemäß Artikel 13 Absatz 1 und 2 DSGVO aufgrund der Erhebung von personenbezogenen Daten - Datenschutzerklärung

Im Rahmen von Fahrzeug-Emissionsmessungen werden stadtauswärts in einem Abschnitt der Friedberger Landstraße zwischen Zeiselstraße und Wielandstraße, im Zeitraum vom 17. Februar bis 13. März 2020 personenbeziehbare Daten erhoben.

Hierzu werden folgende Datenschutzhinweise gegeben.

1. Zweck, Beschreibung und Umfang der Verarbeitung

Für die Ermittlung der Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Remote Sensing Technologie zur Emissionsmessung von im Verkehr befindlichen Kraftfahrzeugen sowie zur Berechnung des Schadstoffausstoßes der im Verkehr befindlichen Kraftfahrzeuge wie auch zur Untersuchung der Wirkung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind genaue Kenntnisse über die Zusammensetzung der auf Frankfurter Straßen eingesetzten Fahrzeugflotte sowie deren tatsächliche Emissionen im realen Fahrbetrieb notwendig.

Zur Bestimmung der Fahrzeugflotte sowie deren Emissionsprofil werden stadtauswärts in einem Abschnitt der Friedberger Landstraße zwischen Zeiselstraße und Wielandstraße, im Zeitraum vom 17. Februar bis 13. März 2020 die Emissionen sowie die Kennzeichen der dort fahrenden Fahrzeuge erfasst.

Die Daten werden dem Kraftfahrt-Bundesamt ohne Angaben zu Ort oder Zeit mitgeteilt und es erfolgt keine Abfrage der Halterdaten. Die Kennzeichenerhebung dient somit ausdrücklich nicht der Ahndung von Verkehrsverstößen.

Quelle: Stadt Frankfurt am Main, 2020

- **Datenschutzvereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer.** Auf Grundlage von Artikel 26 der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) ist eine Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer notwendig, die die Rechte und Pflichten der verantwortlichen Parteien regelt. Konkret muss die Vereinbarung die Rechte der Vertragsparteien und Auskunftspflichten regeln. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist beispielsweise die Frage, welche Vertragspartei auf eine Anfrage von Betroffenen reagieren

muss, um Auskünfte zu den gespeicherten Daten zu geben und bei Bedarf Daten von Betroffenen unverzüglich zu löschen.

- ▶ **Datenschutzvereinbarung zwischen Auftragnehmer und Auftragsverarbeiter (HEAT oder OPUS RSE).** Gemäß Artikel 28 der Datenschutz-Grundverordnung ist darüber hinaus eine Vereinbarung zwischen der verantwortlichen Partei, zum Beispiel dem Auftragnehmer, und dem Auftragsverarbeiter, hier der Firma, die die Remote Sensing Messungen durchführt, notwendig. Diese Vereinbarung sollte unter anderem beinhalten, welche Daten von dem Auftragsverarbeiter in welchem Rahmen erhoben werden dürfen und welche technisch-organisatorischen Maßnahmen der Auftragsverarbeiter zum Schutz der Daten zu treffen hat. So sollte beispielsweise geregelt werden, in welcher Form die Daten gespeichert werden und welche Personen Zugriff auf die Daten haben, welche Standardpasswörter die Daten zum Schutz haben sollten und wie und wann die Daten gelöscht werden.
- ▶ **Firmeninternes Datenschutzkonzept des Auftragnehmers.** Das beauftragte Unternehmen, das die anonymisierten Daten analysiert, sollte die im Rahmen der Remote Sensing Messungen datenschutzrechtlich relevanten Verarbeitungstätigkeiten festhalten. Hierzu sollte das in jeder Organisation bereits bestehende allgemeine Datenschutzkonzept um einen Abschnitt zum konkreten Messprojekt ergänzt werden. Darin sollte beschrieben werden, welche Daten zu welchem Zweck in welcher Form verarbeitet werden und welche Maßnahmen zum Schutz der Daten getroffen werden.

Parallel zur Klärung der datenschutzrechtlichen Aspekte sollte von Seiten des Auftragsverarbeitenden (HEAT oder OPUS RSE) eine **Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt** gestellt werden, um den notwendigen Fahrzeugkennzeichenabgleich vorzubereiten. Unter derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen kommt es zu einem Angebot und einem Vertrag zum Kennzeichenabgleich mit dem Kraftfahrtbundesamt nur, wenn datenschutzrechtliche Aspekte eingehalten werden und, ganz entscheidend, wenn es sich um ein Projekt mit Forschungscharakter handelt.

Abbildung 5 zeigt den schematischen Ablauf zur Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt zum Fahrzeugkennzeichenabgleich durch den Auftragsverarbeiter. Folgende Schritte sind dabei zu beachten: Im 1. Schritt stellt der Auftragsverarbeiter eine Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt zur Verarbeitung der Daten. In Schritt 2 macht das Kraftfahrtbundesamt ein Angebot, das in Schritt 3 in einem Vertrag und einer Datenschutzerklärung zwischen Auftragsverarbeiter und dem Kraftfahrtbundesamt mündet, sofern die genannten Voraussetzungen erfüllt sind (Datenschutz und Forschungscharakter des Projektes). Nach entsprechender Zahlung des Auftragsvolumens (Schritt 4) sendet der Auftragsverarbeiter eine Datei an das Kraftfahrtbundesamt, die die Kennzeichendaten und Aktenzeichen zur Verschlüsselung der Daten beinhaltet (Schritt 5). Im 6. Schritt nach Übermittlung der Daten an das Kraftfahrtbundesamt löscht der Auftragsverarbeiter die Kennzeichendaten. Danach (Schritt 7) übermittelt das Kraftfahrtbundesamt die Aktenzeichen und Fahrzeugdaten, die anhand der Kennzeichenerfassung von Seiten des Kraftfahrtbundesamtes generiert werden, an den Auftragsverarbeiter. Die Übermittlung des Datenträgers erfolgt postalisch, um möglichen Missbrauch zu vermeiden. Im 8. Schritt werden die Emissionsdaten vom Auftragsverarbeiter ergänzt und im 9. Schritt wird die finale Datei mit Fahrzeug- und Emissionsdaten vom Auftragsverarbeiter verknüpft.

Abbildung 5: Schematischer Ablauf zur Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt zum Fahrzeugkennzeichenabgleich



Quelle: ICCT

4.3 Genehmigungen

Für die Aufstellung der Messsysteme müssen in der Regel im Vorfeld der Messungen Genehmigungen durch den Auftragsverarbeiter (HEAT oder OPUS RSE) von der Stadt/Gemeinde eingeholt werden, da insbesondere der Auf- und Abbau der Messsysteme einen Eingriff in den öffentlichen Straßenraum darstellen. Für die Messungen mit dem System der Firma HEAT ist eine **Genehmigung zur Sondernutzung** notwendig, um das Messgerät am gewünschten Standort auf- und wieder abzubauen sowie über den definierten Messzeitraum nutzen zu können. Darüber kann es notwendig sein, eine Sondernutzungsgenehmigung für den Reflektorstreifen zu beantragen, der beim Messsystem der Firma HEAT zum Einsatz kommt. Dabei handelt es sich um einen sich selbst erneuernden Reflektorstreifen auf der Straße, der über einen stabilen Metallbügel mit dem eigentlichen Messgerät verbunden ist.³ Bei den Messungen mit dem System der Firma OPUS RSE ist in der Regel keine gesonderte Sondernutzungserlaubnis notwendig, da es sich um einen „mobilen blitzerähnlichen Aufbau“ handelt. Die genauen Genehmigungsmodalitäten sollten vor Aufstellung der jeweiligen Messsysteme mit den zuständigen Behörden der Stadt/Gemeinde geprüft werden. Grundsätzlich sollten die entsprechenden Genehmigungen und Anfragen mehrere Wochen (ca. acht Wochen) im Vorfeld der Messungen gestellt werden, da die Bearbeitung ebenfalls einige Wochen in Anspruch nehmen können.

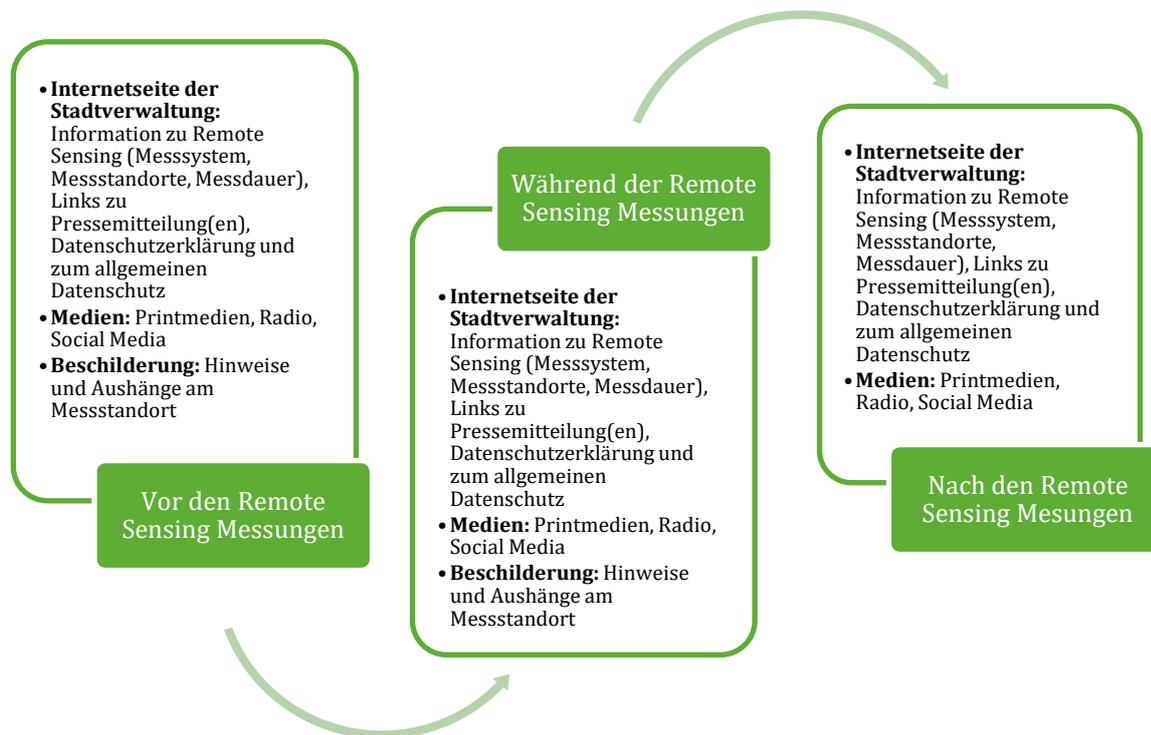
³ Zu beachten ist, dass der Metallbügel über den Fahrbahnrand hinaus in den fließenden Verkehr ragt. Auch wenn derselbe Aufbau bei früheren Messungen, z.B. in Paris, zu keinerlei Beanstandungen geführt hatte, wurde in Frankfurt am Main aus Sicherheitsgründen (insbesondere mit Hinblick auf Radfahrer) der Metallbügel entfernt und der Reflektorstreifen lediglich über ein Kabel mit dem Messgerät verbunden. Diese Sicherheitsmaßnahme hat in der praktischen Umsetzung zur Folge, dass HEAT, nicht wie sonst üblich, einen sich selbst erneuernden Reflektorstreifen nutzen konnte. Stattdessen musste auf einen fest installierten Reflektorstreifen zurückgegriffen werden, der zwar beheizt war, jedoch bei Nässe einen längeren Zeitraum benötigte, um wieder einsatzbereit zu sein, was einen nicht unerheblichen Ausfall an potenziellen Messungen nach sich zog.

4.4 Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeitsarbeit spielt im Rahmen von Remote Sensing Messungen ebenfalls eine wichtige Rolle, um eine breite Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung vor Ort sicherzustellen. Dazu gilt es zunächst, ein Kommunikationskonzept zu erstellen, welches einen Zeitplan, die zu nutzenden Kommunikationsmedien und die jeweiligen Verantwortlichkeiten für die Öffentlichkeitsarbeit beinhaltet. Den Umfang oder auch eine Pflicht für die Öffentlichkeitsarbeit liegt im Ermessensspielraum des zuständigen Datenschutzbeauftragten.

Der Einsatz verschiedener Kommunikationsmedien vor, während und nach den Remote Sensing Messungen ist entsprechend inhaltlich vorzubereiten. Bewährt haben sich als Kommunikationsmedien Informationen auf der Webseite der jeweiligen Stadt/Gemeinde, Pressemitteilungen von Seiten der Pressestelle der Stadt/Gemeinde, Social Media Präsenz, Radiointerviews, medienwirksamer Start des Projektes unter anderem mit Vertretern der Stadt/Gemeinde oder auch Informationen bzw. Aushänge am Messstandort selbst. Abbildung 6 zeigt die genannten Medien, die vor, während und nach den Messungen zum Einsatz kommen können.

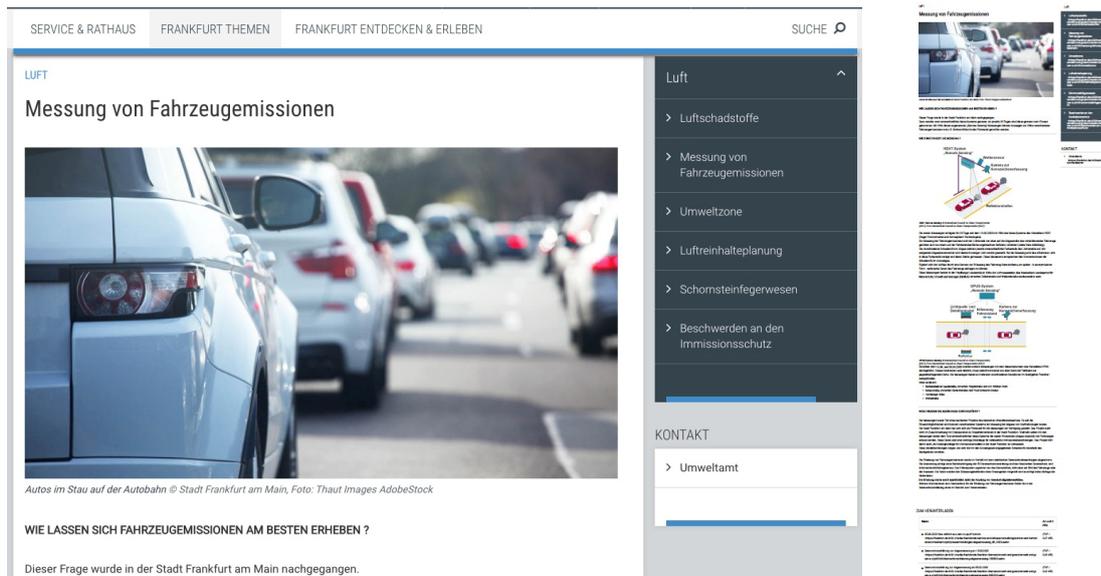
Abbildung 6: Kommunikationsmedien zum Einsatz bei Remote Sensing Messungen



Quelle: ICCT

Sowohl in Berlin als auch in Frankfurt am Main wurde auf den Seiten der Stadt eine spezielle Internetseite zu den Remote Sensing Messungen erstellt. Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt der Internetseite der Stadt Frankfurt am Main. Diese enthält Informationen zu den Remote Sensing Systemen, den Standorten der Messungen und einen Link zur Datenschutzerklärung und der Pressemitteilung, die jeweils circa eine Woche vor den jeweiligen Remote Sensing Messungen veröffentlicht wurden.

Abbildung 7: Internetseite der Stadt Frankfurt am Main mit Hinweis auf die Remote Sensing Messungen



Quelle: Stadt Frankfurt am Main, 2020

Abbildung 8 zeigt die Pressemitteilung, die im Vorfeld der Messungen mit dem System der Firma OPUS RSE von Seiten der Pressestelle der Stadt Frankfurt am Main veröffentlicht wurde. Eine ähnliche Pressemitteilung wurde vor dem Beginn der HEAT Messungen ebenfalls publiziert.

Abbildung 8: Pressemitteilung der Stadt Frankfurt am Main im Vorfeld der Remote Sensing Messungen

An die Vertreterinnen und Vertreter
der Medien



05.08.2020

Pressemitteilung

Was wirklich aus dem Auspuff kommt

Bund testet weiteres Messverfahren in Frankfurt

Sehr geehrte Damen und Herren,

das Umweltbundesamt führt ab dem 15.08.2020 in Frankfurt erneut so genannte lichtgestützte Abgasmessungen mit kombinierter Kennzeichenerfassung durch. Die Messungen finden voraussichtlich bis Ende September statt. Gemessen wird an mehreren verschiedenen Standorten im Stadtgebiet Frankfurt, unter anderem in der Eschersheimer Landstraße, zwischen Hängelstraße und Am Weißen Stein; in der Friedberger Landstraße, zwischen Hallgartenstraße und Rat-Beil-Straße; in der Gotenstraße, zwischen Gerlachstraße und Paul-Schwerin-Straße; in der Hamburger Allee sowie in der Voltastraße.

Die Untersuchung ist Teil eines Projektes des Umweltbundesamtes. Die Stadt Frankfurt hat sich dazu bereit erklärt, als Pilotstadt für die Messungen zu Verfügung zu stehen. Die erste Messung wurde ab dem 19. Februar 2020 für rund 20 Tage in der Friedberger Landstraße durchgeführt. Mit dem Projekt sollen die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen verschiedener Messinstrumente zur Messung von Emissionen von Kraftfahrzeugen getestet werden.

Das Projekt steht nicht im Zusammenhang mit der Fortschreibung des Frankfurter Luftreinhalteplans und der Diskussion zu Dieselfahrverboten. Vielmehr sollen mit den Messungen neben dem Test unterschiedlicher Messsysteme die realen Emissionen von Fahrzeugen erfasst werden, um auf dieser Grundlage langfristig die Luftqualität in der Stadt zu verbessern.

Bei dem jetzt anstehenden Test wird ein Lichtstrahl von der Seite (horizontal) auf die Abgaswolke des vorbeifahrenden Fahrzeugs gerichtet und von einem auf der

Um die Bevölkerung darüber hinaus über die Messungen zu informieren, ist ein Aushang am Messstandort selbst ebenfalls empfehlenswert. Abbildung 9 zeigt den Aushang, der an den jeweiligen Messstellen platziert wurde. Dadurch konnten alle Bürgerinnen und Bürger genaue Informationen direkt vor Ort einholen und bei Bedarf und Fragen das Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main kontaktieren.

Abbildung 9: Aushang am Messstandort zur Information interessierter Bürgerinnen und Bürger



Messungen zu Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen

im Februar/März 2020

Friedberger Landstraße in Höhe der Luftmessstation zwischen Zeißeßstraße und Wielandstraße stadtauswärts

Die Messungen sind Teil eines Projektes des deutschen Umweltbundesamtes. Es soll die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen verschiedener Messinstrumente zur Messung von Emissionen von Kraftfahrzeugen testen.

Die Stadt Frankfurt am Main hat sich dazu bereit erklärt, als Pilotstadt für die Messungen zu Verfügung zu stehen. Das Projekt steht nicht im Zusammenhang mit Diskussionen zu Dieselfahrverboten in der Stadt Frankfurt. Vielmehr sollen mit den Messungen neben den Test unterschiedlicher Messsysteme die realen Emissionen von Fahrzeugen erfasst werden. Dazu werden folgende Daten erfasst:

- Fahrzeuggeschwindigkeit und -beschleunigung
- Schadstoffkonzentrationen wie z.B. Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM)
- Meteorologische Daten
- Kennzeichen

Das Projekt erfüllt die Anforderungen der EU-Datenschutzgrundverordnung und wurde im Vorfeld mit den Datenschutzbeauftragten des Umweltbundesamtes und der Stadt Frankfurt abgestimmt. Das Videosystem registriert nur das Kennzeichen, nicht aber ein Bild des Fahrzeugs oder der Insassen. Die Daten werden den Zulassungsbehörden ohne Ortsangaben mitgeteilt und es erfolgt keine Abfrage der Halterdaten.

Die Durchführung der Maßnahme erfolgt im Rahmen des vom Umweltbundesamt geförderten Projektes **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Remote Sensing zur Emissionsmessung von im Verkehr befindlichen Kfz sowie die Erarbeitung von Vorschlägen zur Weiterentwicklung des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs.**

Weitere Informationen zum Projekt, zu Ansprechpartnern beim Umweltamt der Stadt Frankfurt und zum Datenschutz erhalten Sie unter: umweltsamt.stadt-frankfurt.de

Insgesamt zeigt die Erfahrung aus Frankfurt am Main, dass eine intensive und transparente Öffentlichkeitsarbeit vor, während und nach den Remote Sensing Messungen wichtig ist, um eine breite Akzeptanz zu schaffen.

4.5 Standortauswahl

Für die Emissionsmessungen mit Hilfe von Remote Sensing gilt es, geeignete Standorte unter folgenden wichtigen Kriterien auszuwählen. Das Verkehrsvolumen sollte in der veranschlagten Messdauer die für die Auswertung je nach Fragestellung die benötigte Datenmenge erbringen können (siehe auch Kapitel 6). Wichtig ist ebenfalls eine leichte Steigung oder alternativ ein Kreisverkehr oder eine Ampelanlage vor dem Messstandort, um mindestens eine minimale Motorlast vorbeifahrender Fahrzeuge sicherzustellen. Ausreichend Platz ist ebenfalls für einen unproblematischen Aufbau, Abbau und Betrieb der Messsysteme sicherzustellen. Auch ist bei der Standortwahl zu beachten, dass Radwege benutzbar bleiben müssen. Zudem ist für das Messsystem der Firma HEAT ein Stromanschluss notwendig, dessen Zugang ebenfalls im Vorfeld zwischen dem Auftragnehmer, dem Auftragsverarbeiter (in diesem Fall HEAT) und der jeweiligen Stadt/Gemeinde abgeklärt werden muss.

Tabelle 2 stellt die Kriterien zur Standortauswahl für die beiden Systeme der Firmen HEAT und OPUS RSE gegenüber.

Tabelle 2: Kriterien zur Standortauswahl

Kriterium	HEAT EDAR	OPUS RSD 5000
Verkehrsvolumen	Hohes Verkehrsvolumen möglich	Max. mittleres Verkehrsvolumen (circa 3,000 bis 10,000 Fahrzeuge pro Tag und Spur)
Anzahl Fahrspuren	Messungen an einspurigen und mehrspurigen Straßen möglich; bei mehrspurigen Straßen: Ein Sensor pro Fahrbahn für simultane Messung aller Fahrbahnen nötig	Messung nur an einspurigen Straßen mit beidseitigem Zugang zur Fahrspur möglich
Steigung	Circa 3 Grad und/oder Kreisverkehr oder Ampelanlage vor der Messstation	Circa 3 Grad und/oder Kreisverkehr oder Ampelanlage vor der Messstation
Platz	- Platz an einer Seite der Straßen für den Aufbau, Abbau und Betrieb der Messsysteme - Fahrradwege zu beachten	- Platz an beiden Seiten der Fahrspur für den Aufbau, Abbau und Betrieb der Messsysteme (Messsystem auf einer Straßenseite und Reflektor auf der gegenüberliegenden Straßenseite) - Fahrradwege zu beachten
Stromanschluss	Notwendig zum Betrieb des EDAR Systems	Nicht notwendig zum Betrieb des OPUS Systems

5 Datenmanagement

Die während der Remote Sensing Messungen erfassten Daten sind geeignet, um Flottendurchschnitte auszuwerten, und zwar disaggregiert nach Fahrzeugschichten und Emissionsklassen. Wenn sehr viele Daten verfügbar sind, können auch Aussagen nach Fahrzeughersteller gemacht werden. Eine Auswertung auf Einzelfahrzeugebene ist nicht möglich, da in der Regel zu wenige belastbare Datensätze vorliegen und dies primär auch rechtlich problematisch ist.

Hinsichtlich der Datenmenge werden zum Beispiel für die Ermittlung von durchschnittlichen Stickoxidemissionen von modernen Diesel-Fahrzeugen bis zu 800 Messwerte pro Schadstoffklasse benötigt (Chen et al., 2019). Zum Vergleich von Fahrzeugherstellern und zur Einschätzung von Leistungs- bzw. Wetter-Effekten sind weitaus mehr Messwerte notwendig. Je nach Forschungsziel kann es also sinnvoll sein, entweder eine bestimmte Datenmenge oder den zu betrachtenden Zeitraum in der Leistungsbeschreibung zu definieren.

5.1 Organisation der Datenauswertung

Bei der Auswertung der im Rahmen der Remote Sensing Messungen generierten Daten selbst sind durch die Institution, die die Daten auswertet, verschiedene Punkte zu beachten:

- ▶ **Durchführende Institution.** Grundsätzlich sollte die Auswertung nicht dem Instrumenten-Anbieter, d.h. der Firma, die die Remote Sensing Messungen durchführt, überlassen werden. Vielmehr sollte dies durch unabhängige Experten erfolgen.
- ▶ **Vor der Datenauswertung.** Vor der Auswertung der Daten ist vom beauftragten Unternehmen ein Qualitätscheck durchzuführen, welches für die Datenauswertung verantwortlich ist. Unter anderem ist sicherzustellen, dass die richtigen Einheiten genutzt werden. Diese sollten darüber hinaus klar formuliert sein, d.h. Erläuterungen zum Datensatz sollten vom Auftragsverarbeiter eingefordert werden. Wenn mehrere Instrumente gleichzeitig verwendet wurden, ist ebenfalls die Synchronisation der Uhrzeit sicherzustellen. Für die Auswertung der Daten ist es ferner wichtig, dass alle Rohdaten der Messungen beibehalten werden, inklusive fehlerhafter Messungen. Alle Kennzeicheninformationen sind aus Datenschutzgründen zu entfernen.
- ▶ **Während der Datenauswertung.** Neben der Auswertung der Remote Sensing Daten selbst sind weitere Parameter zu berücksichtigen wie die Umgebungstemperatur zum Zeitpunkt der Messungen oder die Straßenqualität, da diese die Emissionen von Fahrzeugen beeinflussen können. Dies ist für die Interpretation der Daten hilfreich. Zu beachten ist auch, dass die Fahrzeugspezifikationen vom KBA zur Verfügung gestellt werden, die nicht notwendigerweise die technischen Spezifikationen des gemessenen Fahrzeugs widerspiegeln müssen. Beispielsweise enthalten die KBA Daten keine Angaben zu Euro Standards (z.B. Euro 6d), sondern sogenannte Emissionsschlüsselnummern, die wiederum für die Abgasnorm eines Kfz stehen. Dies hat wiederum Implikationen für den Umfang der Arbeiten zur Decodierung der Daten.
- ▶ **Nach der Datenauswertung.** Der ausgewertete Datensatz sollte am Ende idealerweise auch in europäische Meta-Datenbanken eingespeist werden, um eine ausreichende statistische Belastbarkeit zu gewährleisten. Durch die Zusammenführung verschiedener Datensätze kann beispielsweise die Bandbreite von Fahrbedingungen (z. B. Temperatur, Geschwindigkeit, Beschleunigung) erhöht werden, was wiederum die Emissionsleistung der Fahrzeuge beeinflussen kann. Darüber hinaus wird durch die Zusammenführung von Daten aus verschiedenen nationalen Flotten sowohl deren Repräsentativität erhöht als auch eine

detailliertere Analyse ermöglicht, was gleichzeitig die statistische Signifikanz erhöht. Beispiele sind die CONOX (IVL Swedish Environmental Research Institute, 2015) und ERMES Datenbank (ERMES, 2021).

5.2 Einfluss von high-emittern

High-emitter sind Fahrzeuge, die im realen Betrieb übermäßig hohe Schadstoffemissionen ausstoßen. Zur Bestimmung aus Remote Sensing Messungen müssen also noch zwei Dinge festgelegt werden: Was ist der Beurteilungswert für eine „übermäßig hohe“ Schadstoffemission und wie viele instantane Remote Sensing Messwerte sind für ein Einzelfahrzeug nötig, um es mit hoher Sicherheit als high-emitter zu identifizieren?

Beurteilungswert für eine „übermäßig hohe“ Schadstoffemission: In der Europäischen Union muss ein Neufahrzeug die entsprechenden Zulassungsgrenzwerte einhalten. Diese sollen die Emissionen bei „normalen Fahrbedingungen“ abbilden. Normale Fahrbedingungen kann man sicher an den städtischen RS-Messstellen annehmen. Daher werden die entsprechenden Grenzwerte hier als Beurteilungswert herangezogen: Ist die durchschnittliche Emission unterhalb des Grenzwertes, dann wird das Fahrzeug als (im Sinne der Zulassung) „sauber“ angesehen; wird der Grenzwert um ein Vielfaches überschritten, dann liegt der Verdacht nahe, dass dieses Fahrzeug schmutzig und damit ein high-emitter ist. Das Fahrzeugalter und damit ein möglicher erlaubter Verschleiß wird über die gesetzlich festgelegten Verschlechterungsfaktoren angerechnet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Ableitung der Beurteilungswerte je Schadstoffklasse für Benzin- und Diesel-Pkw

Schadstoff-klasse	NO _x -Typprüfgrenzwert [g/km]	NO _x -Typprüfgrenzwert umgerechnet [g/kg]	Durchschnittliches Alter bei Messung im Jahr 2020	Erlaubter Verschlechterungsfaktor	Beurteilungswert NO _x [g/kg]
Pkw Benzin					
EURO 4	0.080	1.4	12	1.2	1.6
EURO 5	0.060	1.0	8	1.4	1.4
EURO 6ab	0.060	1.1	4	1.2	1.4
EURO 6d-TEMP	0.060	1.2	1	1.1	1.3
Pkw Diesel					
EURO 4	0.250	4.4	12	1	4.4
EURO 5	0.180	3.5	8	1.1	3.9
EURO 6ab	0.080 (NEFZ)	3.2*	4	1.1	3.5*
EURO 6d-TEMP	0.168 (RDE)	2.9	1	1.0	3.0

Grenzwerte in g je km umgerechnet in g je kg Kraftstoff unter Benutzung von NEDC Verbräuchen für Euro 4 und 5 (Hausberger et al., 2009) bzw. Innerortsverbrauch für Euro 6 (HBEFA 4.1, 2019).

*Der Beurteilungswert für Diesel Euro 6ab ist der Mittelwert aus Euro 5 und Euro 6d-TEMP.

Quelle: Grenzwerte, Zeiträume und Verschlechterungsfaktoren: (Delphi Inc., 2020).

Ab welchem Vielfachen des Beurteilungswertes ein Fahrzeug als high-emitter anzusehen ist, wäre in einer weiteren Untersuchung genauer zu überprüfen. Die Entscheidung darüber bestimmt einerseits, wie viele Fahrzeuge zu einer genaueren Kontrolle eingeladen werden, und damit auch, wie viele möglicherweise unbegründete Kontrollen beauftragt werden: Ist der Schwellenwert sehr niedrig, werden zu viele Halter unzutreffend beschwert; ist andererseits der Schwellenwert sehr hoch, dann mag jede Beanstandung zutreffend sein, dafür aber auch viele Fahrzeuge mit ebenfalls hohen Schadstoffemissionen unkontrolliert bleiben. Zum dritten mag die verfügbare Testkapazität mitbestimmen, wie hoch oder niedrig der Schwellenwert gesetzt wird. Schließlich hängt die Zuverlässigkeit der Identifikation auch mit der Zahl der verfügbaren Remote Sensing Messwerte zusammen, wie im Folgenden ausgeführt wird.

Anzahl von Remote Sensing Messwerten sind für ein Einzelfahrzeug zur Identifizierung von high-emittern: Betrachtet man die sekundlichen (=modalen) Emissionsraten moderner Pkw, die etwa bei PEMS Fahrten oder am Prüfstand gemessen werden, dann sind für die Identifikation von high-emittern verschiedene Umstände zu bedenken: die allermeisten modalen Emissionsraten sind deutlich niedriger als der Durchschnittswert über eine Strecke; die modalen Emissionsraten können um eine Größenordnung oder mehr variieren; der durchschnittliche Emissionswert wird stark durch wenige hohe bis sehr hohe Emissionsspitzen bestimmt. Ein einzelner sekundlicher Messwert, wie vom Remote System erhoben, lässt keine verlässliche Aussage über eine mittlere Emissionsrate zu. Es wird entsprechend einer gewissen Zahl an instantanen Messwerten unter „normalen Fahrbedingungen“ benötigt, um sich einem Mittelwert annähern zu können. Wenn unter den wiederholten Remote Sensing Messwerten eines Fahrzeuges allerdings überproportional häufig hohe Emissionsraten vorkommen, dann ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieses Fahrzeug auch im Durchschnitt hohe bzw. auch überhöhte Emissionen hat. Für die Analyse werden deshalb mindestens fünf (gültige) Remote Messwerte je Fahrzeug gefordert, damit die Zuverlässigkeit der Identifikation hinreichend groß ist. Der Durchschnitt dieser fünf (oder mehr) Remote Sensing Werte wird mit dem Schwellenwert verglichen. Als Schwellenwert werden Vielfaches der Beurteilungswerte gewählt.

6 Checkliste

Tabelle 4 stellt wesentliche Elemente dar, die bei Remote Sensing Messungen zu beachten sind sowie die jeweils verantwortlichen Stellen/Partner.

Tabelle 4: Checkliste zum Einsatz von Remote Sensing Messungen

Thema	Inhalt	HEAT	OPUS RSE	Verantwortliche
Messsystem	Auswahl	x	x	Auftraggeber
Projektvorbereitung und -management	Beteiligung und Information aller beteiligter städtischer/gemeindlicher Ämter im Rahmen eines Kick-off Meetings und/oder Ortsbegehung potenzieller Messstandorte	x	x	Zuständige Stadt/Gemeinde
Datenschutz	Datenschutzerklärung von Seiten der durchführenden Stadt/Gemeinde	x	x	Auftraggeber, Auftragnehmer, zuständige Stadt/Gemeinde
	Datenschutzvereinbarung gemäß Artikel 26 der Datenschutz-Grundverordnung	x	x	Auftraggeber, Auftragnehmer
	Datenschutzvereinbarung gemäß Artikel 28 der Datenschutz-Grundverordnung	x	x	Auftragnehmer, Auftragsverarbeiter
	Firmeninternes Datenschutzkonzept			Auftragnehmer
Genehmigungen	Sondernutzungsgenehmigung zum Auf- und Abbau der Messsysteme sowie während des Messzeitraums	x	x	Auftragnehmer, Auftragsverarbeiter, zuständige Stadt/Gemeinde
	Sondernutzungsgenehmigung zur Einbringung des Reflektorstreifens in die Straße	x		Auftragnehmer, Auftragsverarbeiter, zuständige Stadt/Gemeinde
	Genehmigung zur Entfernung von Baumästen	x		Auftragnehmer, Auftragsverarbeiter, zuständige Stadt/Gemeinde
	Stromanschluss	x		Auftragsverarbeiter, zuständige Stadt/Gemeinde
Öffentlichkeitsarbeit	Kommunikationskonzept	x	x	Auftraggeber, Auftragnehmer,

Thema	Inhalt	HEAT	OPUS RSE	Verantwortliche
				zuständige Stadt/Gemeinde
	Pressemitteilung	x	x	Pressestelle der zuständigen Stadt/Gemeinde
Datenverarbeitung	Anfrage an das Kraftfahrtbundesamt zum Fahrzeugkennzeichenabgleich	x	x	Auftragsverarbeiter
Datenmanagement	Datenanalyse			Auftragnehmer

7 Quellenverzeichnis

Bernard, Y.; German, J.; Muncrief, R. (2019): Worldwide use of Remote Sensing to measure motor vehicle emissions. International Council on Clean Transportation (ICCT), <https://theicct.org/publication/worldwide-use-of-remote-sensing-to-measure-motor-vehicle-emissions/>

Borken-Kleefeld, J.; Dallmann, T. (2018): Remote Sensing of motor vehicle exhaust emissions. International Council on Clean Transportation (ICCT), <https://theicct.org/publication/remote-sensing-of-motor-vehicle-exhaust-emissions/>

Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamts für Justiz (2020): Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG), Stand 29.09.2020. <https://www.gesetze-im-internet.de/gg/GG.pdf>

Bundesverfassungsgericht (2018): Leitsätze zum Beschluss des Ersten Senats vom 18. Dezember 2018 - 1 BvR 142/15 - (Kfz-Kennzeichenkontrollen 2). https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2018/12/rs20181218_1bvr014215.html

CARES (2022): CARES aims to investigate contactless measurement of vehicle exhaust emissions. <https://cares-project.eu/>

Chen, Y.; Zhang, Y.; Borken-Kleefeld, J. (2019): When is Enough? Minimum Sample Sizes for On-Road Measurements of Car Emissions. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04123>

Delphi Inc. (2020): Worldwide Emission Standards - Passenger Cars and Light Duty Vehicles 2020/21. Troy, MICH/USA.

ERMES (2021): Testing and data exchange. Measurements. <https://www.ermes-group.eu/measurements>

Hausberger, S.; Rexeis, M.; Zallinger, M.; Luz, R. (2009): Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3'. TU Graz, 7 December 2009. http://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA_31_Docu_hot_emissionfactors_PC_LCV_HDV.pdf.

HEAT – Hager Environmental & Atmospheric Technologies (2019): Vehicle Inspection Services. <https://www.heatremotesensing.com/vehicle-inspection>

IVL Swedish Environmental Research Institute (2015): Real-driving emissions from diesel passenger cars measured by remote sensing and as compared with PEMS and chassis dynamometer measurements - CONOX Task 2 report. <https://www.ivl.se/english/ivl/publications/publications/real-driving-emissions-from-diesel-passenger-cars-measured-by-remote-sensing-and-as-compared-with-pems-and-chassis-dynamometer-measurements---conox-task-2-report.html>

Stadt Frankfurt am Main (2020): Messung von Fahrzeugemissionen. <https://frankfurt.de/themen/umwelt-und-gruen/umwelt-und-gruen-a-z/luft/messung-fahrzeugemissionen>