

# UMWELT

## Bericht zur Immissionsveränderung durch die NK 107 Neue Staffeleggstrasse

*NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> Messresultate Thema*

August 2014

**Herausgeber**

Departement Bau, Verkehr und Umwelt  
Abteilung Tiefbau  
5001 Aarau  
[www.ag.ch](http://www.ag.ch)

**Fotografie**

Markus Schenk, Abteilung für Umwelt

**Text**

Thomas Zünd  
Particle Vision GmbH  
Passage du Cardinal 1  
1705 Fribourg

Franziska Holzer Küng  
Departement Bau, Verkehr und Umwelt  
Abteilung für Umwelt  
Entfelderstrasse 22  
5001 Aarau

**Copyright**

© 2014 Kanton Aargau

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
<b>1 Zusammenfassung .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Projektauflage .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Organisation .....</b>	<b>6</b>
<b>4 Projekthintergrund und Messkonzept .....</b>	<b>7</b>
4.1 Messstandorte .....	7
4.2 Messparameter .....	8
<b>5 Methoden und Trendberechnung .....</b>	<b>10</b>
<b>6 Resultate .....</b>	<b>11</b>
6.1 Verkehrsentwicklung .....	11
6.2 Verkehrsanteil der Stickstoffdioxidbelastung (NO <sub>2</sub> ) ...	12
6.3 Gesamtstickstoffdioxid-Belastung (NO <sub>2</sub> ) .....	13
6.4 Verkehrsanteil der PM10 Belastung .....	13
6.5 Gesamtfeinstaub-Belastung (PM10) .....	15
<b>7 Verkehrsszenario 60 oder 80 km/h .....</b>	<b>16</b>
<b>8 Glossar .....</b>	<b>18</b>
<b>9 Anhang .....</b>	<b>19</b>
9.1 Messmethoden .....	19
9.2 Probenahme- und Analysenqualität .....	20
9.3 Stickstoffdioxiddaten .....	21
9.4 Grobstaubdaten .....	21
9.5 Feinstaubdaten .....	21
9.6 Russdaten .....	21
9.7 Emissionsberechnungen .....	22

# 1 Zusammenfassung

Am 7.12.2010 ist die NK 107 Neue Staffeleggstrasse (NK 107) eröffnet worden. Wie die Verkehrszählraten aus dem Jahr 2010 und 2013 zeigen, ist damit eine Verlagerung um rund 5'500 Fahrzeuge resp. 42% erreicht worden. Infolge dieser Verlagerung erhöhte sich die Stickstoffdioxidbelastung (NO<sub>2</sub>) am Standort Staffelegg A, Zelgli, NK 107 um knapp 6 µg/m<sup>3</sup> resp. 56%. Gleichzeitig sank die NO<sub>2</sub> Belastung am Standort Staffelegg C, Küttigen Dorfkern, K 107 um gut 9 µg/m<sup>3</sup> resp. 36%. Die asymmetrischen Veränderungen sind im Wesentlichen auf das unterschiedliche Geschwindigkeitsszenario und Fahrverhalten auf beiden Strassen (K 107 und NK 107) zurückzuführen.

Auch bei den Partikeln, vor allem den Dieselpartikeln, ist am Standort Staffelegg C, Küttigen Dorfkern, K 107 eine Minderung von 0.2 µg/m<sup>3</sup> resp. 33% erreicht worden. Da diese Partikel durch die WHO als krebserregend eingestuft sind, bedeutet diese Abnahme eine wesentliche Verbesserung für die Bevölkerung von Küttigen.

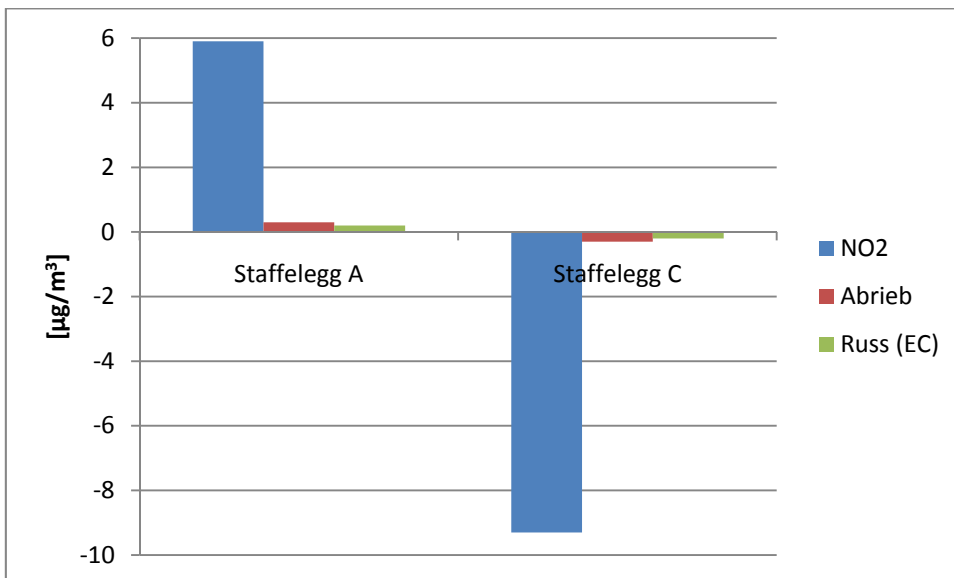


Abbildung 1: Veränderung verschiedener Schadstoffe durch die Inbetriebnahme der Neuen Staffeleggstrasse

Die Resultate der einjährigen Messkampagne zeigen auf, dass die Stickstoffdioxidbelastung an den Staffeleggstandorten eingehalten ist. Die Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>) liegt am Standort Staffelegg A, Zelgli, NK 107 knapp unter dem Grenzwert für das Jahresmittel und am Standort Staffelegg C, Dorfzentrum, K 107 leicht darüber. An diesen beiden Standorten fehlen indes Referenzmessungen aus dem Jahr 2010.

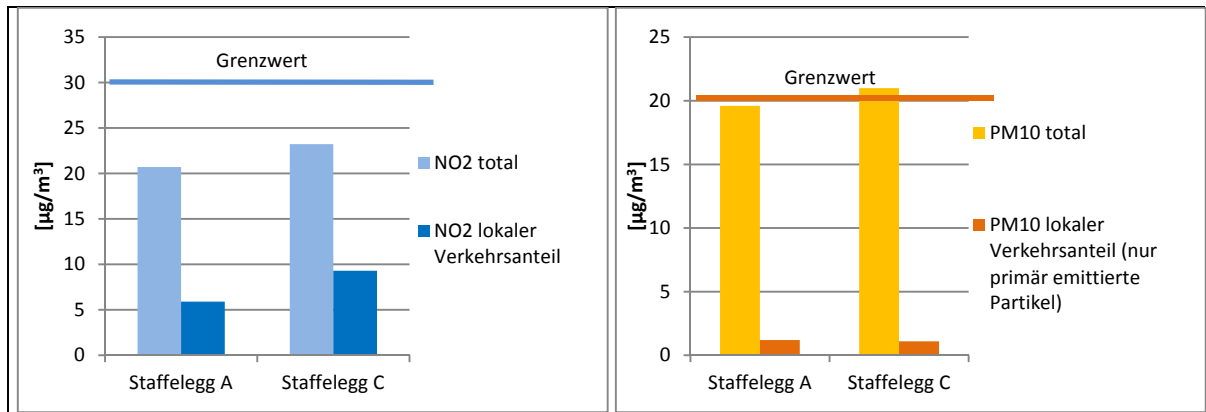


Abbildung 2: Stickstoffdioxid- und Feinstaub Belastung an den Staffeleggstandorten A und C

Eine Senkung der Geschwindigkeit von 80 auf 60 km/h auf der NK 107 würde emissionsseitig zu einer Veränderung von -1.5% bei den Stickoxiden und -1% beim Feinstaub resp. Russ führen. Im Vergleich zu den erreichten Immissionsveränderungen durch die Verkehrsverlagerung ist diese Minderung als gering einzuschätzen. Da die NK 107 durch unbewohntes Gebiet führt, hätte diese Reduktion für die Bevölkerung in den benachbarten Siedlungsgebieten zudem einen geringeren Einfluss. Für die besiedelten Gebiete entlang der K 107 hätte eine konsequentere Verkehrsverlagerung auf die NK 107 einen wesentlich höheren Einfluss auf die Luftqualität.

Mit einer Temporeduktion könnten die verkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ -Emissionen um ca. 5%, diejenigen von  $\text{PM}_{10}$  um ca. 8% verringert werden. In Bezug zur Hintergrundbelastung würde eine Geschwindigkeitsreduktion zu einer Senkung zwischen ca. 1 und 3% an Stickstoffdioxid und sekundärem Feinstaub<sup>1</sup> führen.

Die prognostizierte  $\text{NO}_x$ - und Partikelminderung durch die bevorstehende Einführung der Euro VI Norm für schwere Nutzfahrzeuge wird die Emissionen für Russ und  $\text{NO}_x$  über die nächsten Jahre flächendeckend senken. Eine konsequente Förderung von Euro VI Fahrzeugen und deren Emissionsüberwachung führt mittelfristig zu einer ähnlichen Immissionsverbesserung wie die Temporeduktion und langfristig zu einer noch grösseren Minderung der Stickstoffdioxid-, Feinstaub- und Russ- Immissionsbelastung. Diese Höhe und die zeitliche Veränderung ist abhängig von der Anzahl in Verkehr gesetzten Euro VI Fahrzeuge resp. der Ausserverkehrsetzung älterer Fahrzeugtypen.

<sup>1</sup> Dieser Anteil am Gesamtfeinstaub wird aus unverbrannten Treibstoffen (VOC) und den Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) mit zeitlicher Verzögerung gebildet. Dieser sogenannte sekundäre Feinstaubanteil macht insgesamt fast 50% des Gesamtfeinstaubes aus.

## 2 Projektauflage

### Ausgangslage

Am 10. Februar 1993 (RRB Nr. 1993-000413) beschloss der Regierungsrat das Bauprojekt für die NK 107 (vom Knoten Tellstrasse nach Aarau bis Knoten Küttigen Nord bei der Asper Chlus) gestützt auf den Umweltverträglichkeitsbericht vom 28. September 1989 und die definitive Beurteilung der Umweltverträglichkeit durch die Umweltschutzfachstelle vom 30. Oktober 1992, bezüglich Luftreinhaltung unter folgenden Auflagen und Bedingungen:

Bei der Inbetriebnahme der NK 107 ist folgendes Geschwindigkeitsregime zu signalisieren:

- Knoten Tellstrasse, km 0.076 – km 0.105 50 km/h
- Suhrebrücke bis Tunnel Nordportal, km 0.105 – km 1.895 60 km/h
- Tunnel Nordportal bis Knoten Küttigen Nord (Ausbauende),  
km 1.895 – km 3.124 80 km/h

Zu Lasten des Bauherrn (Strassenbau) wird die Abteilung Umweltschutz ab 1993 die NO<sub>2</sub> – Immissionen im Nahbereich der künftigen Strasse mit Passivsammlern an max. 3 Standorten messen. Frühestens 1 Jahr nach Inbetriebnahme der NK 107 wird das Geschwindigkeitsregime aufgrund der dannzumal festgestellten Immissionssituation neu zu beurteilen sein.

Die Verkehrspolizei hatte sich damals (1992) entschieden geäußert, dass aus polizeilicher Sicht eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 60 km/h auf der dreispurigen Autostrasse (Tunnel Horental) weder sinnvoll sei, noch Akzeptanz finde oder sogar Verkehrsüberschreitungen provoziere. Mit dem Vorbehalt der Neubeurteilung zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme konnte sich die Verkehrspolizei dann jedoch einverstanden erklären.

Aus heutiger Sicht kann die Neuanlage NK 107 Neue Staffeleggstrasse Ende 2010 in Betrieb genommen werden. Zurzeit ist das Signalisationskonzept in die Umsetzungsphase.

### Projektänderung, Umweltbelange im Jahre 2010

Seit der letzten Beurteilung der lufthygienischen Auswirkungen der NK 107 in den Jahren 1992 und 2000 haben sich die Rahmenbedingungen, insbesondere durch die mit den verschärften Emissionsgrenzwerten für Motorfahrzeuge einhergehende Reduktion der Verkehrsemissionen – geändert. Die Abteilung Tiefbau hat deshalb den Antrag an die Umweltfachstelle Luft und Lärm gestellt, die Geschwindigkeit auf der Strecke Suhrebrücke bis Tunnel Nordportal auf neu 80 km/h festzulegen.

In Erwägung vom 6. November 2009 stellt die Fachstelle Luft und Lärm des Departements Bau, Verkehr und Umwelt fest, dass die Immissionsgrenzwerte von NO<sub>2</sub> der Passivsammler-Messungen welche im Jahr 2000 im Nahbereich der im Bau bestehenden Strasse erfolgten, eingehalten werden. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Verkehrs seien während den Jahren 2003-2008 um rund 20% zurückgegangen.

Eine Reduktion der Geschwindigkeit von Tempo 80 km/h auf 60 km/h reduziert den NO<sub>x</sub> Ausstoss bei den Personenwagen um rund 10%, erhöht jedoch bei den schweren Nutzfahrzeugen den NO<sub>x</sub> Ausstoss um rund 20%. Zudem sei zu erwarten, dass sich der Verkehr verflüssigt, da ab Tunnel Nordportal bis zum Knoten Küttigen Nord ebenfalls Tempo 80 km/h gilt.

Aus Sicht der Luftreinhaltung kann das Geschwindigkeitsregime von der Suhrebrücke bis zum Tunnel Nordportal auf 80 km/h signalisiert werden. Die Fachstelle empfiehlt weiter, spätestens ein Jahr nach Inbetriebnahme der NK 107 seien die Stickoxid- und PM10-Immissionen kontinuierlich für mindestens ein Jahr zulasten des Bauherrn (Strassenbau) neu zu ermitteln, um aufgrund des Geschwindigkeitsregimes die Immissionssituation neu zu beurteilen.

Auf dieser Grundlage fasste der Regierungsrat am 1. September 2010 folgenden Beschluss (RRB 2010-001249):

1. Die Projektänderung Signalisation Höchstgeschwindigkeit 80 km/h statt 60 km/h als Folge der Reduktion der Verkehrsemissionen, welche mit den verschärften Emissionsgrenzwerten für Motorfahrzeuge einhergehen, im Rahmen des Projekts für die NK107 Neue Staffeleggstrasse wird mit den unter Ziffer 2 aufgeführten Auflagen gutgeheissen.
2. Spätestens ein Jahr nach Inbetriebnahme der NK 107 Neue Staffeleggstrasse sind die Stickoxid- und PM10-Immissionen kontinuierlich für mindestens ein Jahr zulasten des Bauherrn (Strassenbau) neu zu ermitteln, aufgrund des Geschwindigkeitsregimes die Immissionssituation neu zu beurteilen.

### 3 Organisation

Die Leistungen für die vorliegende Messkampagne wurden von verschiedenen Organisationen durchgeführt. Die Tabelle 1 gibt Auskunft über die entsprechende Aufteilung.

<b>Tätigkeit</b>	<b>Verantwortung</b>
Projektleitung	Abteilung für Umwelt (AfU)
Emissionsberechnungen	Abteilung für Umwelt (AfU)
Probenwechsel, Gravimetrie	Umweltlabor der Abteilung für Umwelt
Optische Mikroskopie	Deutscher Wetterdienst (DWD)
NO <sub>2</sub> Analytik	FUB AG
Russ Analytik	mz partner GmbH
Konzeption zusammen mit der AfU, REM Analytik, Auswertung und Berichterstellung	Particle Vision GmbH

Tabelle 1: Verantwortlichkeit für die verschiedenen Tätigkeiten



## 4 Projekthintergrund und Messkonzept

Die NK 107 soll eine Verlagerung des Durchgangsverkehrs bringen. Es kann erwartet werden, dass ein Teil des Personenverkehrs und der grösste Teil des Gütertransitverkehrs auf der schnelleren Achse NK 107 verkehren wird. Damit sollten sich auch die vom Verkehr verursachten Emissionen resp. die daraus resultierenden Immissionen entlang der davon betroffenen Strassen verändern.

### 4.1 Messstandorte

Das Messkonzept basiert auf fünf Messstandorten. Einer davon liegt im Dorfkern Küttigen (Staffelegg C) und damit an der früheren Verkehrsachse Aarau-Staffelegg Höhe (K 107). Der andere liegt an der NK 107 (Staffelegg A). Ein dritter Standort zwischen den beiden erwähnten Standorten am Dorfrand (Staffelegg B) wurde zur Kontrolle allfälliger Schadstofftransporte und zu Qualitätssicherungszwecken betrieben. Die Feinstaubmessung wurde an diesem Standort nur über das erste Quartal 2013 betrieben. Die Daten dieses Standortes werden aus Übersichtlichkeitsgründen nur im Anhang aufgeführt. Zwei weitere Standorte (Suhr und Thalheim) wurden aus anderen Messprojekten beigezogen und dienen als Vergleichsmessstandorte.

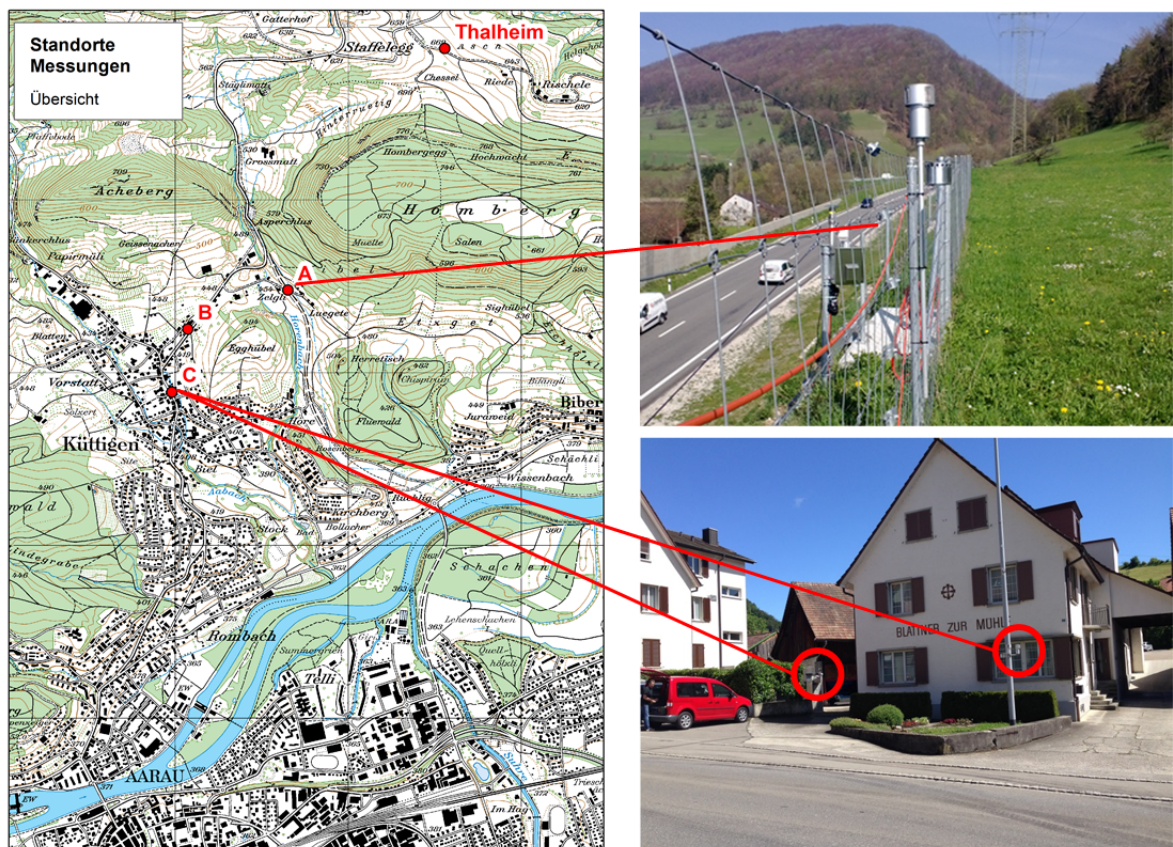


Abbildung 3: Übersicht der Messstandorte und Standortfotos (Quellen: AGIS und AFU M. Schenk)

Die Messstandorte wurden von der Stickstoffdioxid-Vorhermessung aus dem Jahr 2000 übernommen, wobei die Standorte Staffelegg A und B aus Gründen zwischenzeitlich veränderter Landnutzung geringfügig, lufthygienisch jedoch unkritisch, verschoben werden mussten.

Messstandort-bezeichnung	Koordinaten	Ortsbezeichnung	Standortcharakter	Strasse
Staffelegg A	646'692 / 252'432	Zelgli	Ausserhalb	NK 107
Staffelegg B	646'070 / 252'245	Feuerwehrlokal	Dorfrand	K 107
Staffelegg C	645'973 / 251'892	zur Mühle	Dorfkern	K 107
Suhr	648'490 / 246'985	Bärenmatte	Strassenkreuzung	
Thalheim	647'453 / 253'894	Punkt 670	Jura-Hügelkuppe	

Tabelle 2: Messstandorte

Die Messungen wurden im Jahr 2013 durchgeführt also zwei Jahre nach der Inbetriebnahme der NK 107. Diese Wartezeit war notwendig, da der Verkehrsverlagerungsprozess länger andauerte als vorhergesehen war. Im Jahr 2013 fanden immer noch verschiedene Bautätigkeiten im Bereich der NK 107 statt, welche sehr wahrscheinlich einen zeitlich begrenzten Einfluss auf die Verkehrsimmissionen hatten:

- Um- und Ausbauarbeiten Anschlussknoten Rohr der NK 107 an die T5
- Verbreiterung und Belagserneuerung südlich der Passhöhe
- Bauarbeiten am Kreisel Staffelegg
- Vortritts-Neusignalisation an der Verzweigung Benkerjoch in Küttigen

Die Einflüsse auf die Immissionskonzentrationen können nicht abgeschätzt werden, und werden deshalb in den vorliegenden Auswertungen und Interpretationen nicht berücksichtigt. Falls sie einen Einfluss hatten, beschränkte sich dieser aber nur auf kurze Perioden.

## 4.2 Messparameter

	A	B	C	Suhr (Referenz)	Thalheim (Hintergrund)
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	X	x	x	x	
Grober Anteil im PM10 (PM2.5-10)	X	x	x	x	x
Feiner Anteil im PM10 (PM2.5)	X	(x)	x	x	x
Russ (elementarer Kohlenstoff) im PM2.5	X	(x)	x	x	x
Organischer Kohlenstoff im PM2.5	X	(x)	x	x	x
Kalium im PM2.5	(x)	(x)	(x)	(x)	

Tabelle 3: gemessene Grössen an den verschiedenen Messstandorten, in Klammer zeitlich begrenzte Messungen oder Stichprobenmessungen

Die Messungen an den Standorten Staffelegg A und C wurden zwischen dem 4.1.2013 und 3.1.2014 durchgeführt. Die Messungen am Standort B vom 4.1.2013 – 19.4.2013 resp. 3.1.2014. Die Messungen in Suhr vom 29.3.2013 – 3.1.2014.

Die Messtätigkeiten beschränken sich auf Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und verschiedene Staubinhaltsstoffe. Für das NO<sub>2</sub> liegen Messungen aus früheren Jahren vor, welche als Vergleich dienen. Für PM10 ist dies nicht der Fall, deshalb kann die Veränderung nur über eine entsprechende Modellierung berechnet werden (siehe Kapitel 6).

Eine Beschreibung der eingesetzten Methoden befindet sich im Anhang im Kapitel 9.1.

Da der feine Anteil im PM10 (PM2.5) im Gegensatz zum Stickstoffdioxid von vielen unterschiedlichen Quellen beeinflusst wird, sind für eine verkehrsbezogene Aussage weitere staubspezifische Parameter notwendig. Details dazu sind in der Tabelle 4 aufgelistet.

<b>Quellen</b>	<b>Grobstaub</b> Vorkommen: quellennah	<b>Primärer Feinstaub</b> Vorkommen: quellennah und Hintergrund	<b>Sekundärer Feinstaub</b> Vorkommen: Hintergrund
Abgas		Russ (elementarer Kohlenstoff)	VOC → org. Material NO <sub>2</sub> → Nitrat SO <sub>2</sub> → Sulfat
Abrieb	Strassenbelagspartikel Reifenpartikel Bremspartikel Metalle (Korrosion)		
Resuspension	Abriebpartikel + agglomerierte PM2.5 Partikel		

Tabelle 4: Quellen des verkehrsbedingten Feinstaubes (PM10)

## 5 Methoden und Trendberechnung

Die meisten Luftschadstoffe reagieren deutlich auf meteorologische Bedingungen. Deshalb sind Trendbeobachtungen auch immer dadurch beeinflusst (z.B. Inversionslagen mit schlechter vertikaler Ausbreitung). Auch saisonal abhängige Quellen (z.B. Feuerungen) können Trendbeobachtungen verfälschen. Solche Einflüsse müssen bei Trendberechnungen unbedingt mitberücksichtigt werden.

Eine Möglichkeit dazu besteht darin nur Daten zu benutzen, welche keinen oder möglichst kleinen Beeinflussungen unterliegen. Aus diesem Grund wurden die Trendberechnungen im vorliegenden Bericht nur mit Sommerwerten vorgenommen. In dieser Periode herrschen wenig lufthygienisch wirksame Inversionslagen vor und die atmosphärenchemischen Bedingungen sind regional ähnlich. Auch zusätzliche Quellen sind in dieser Zeit wenig einflussreich. Deshalb können Daten dieser Zeiträume auch über Jahre hinweg mit kleinerer Fehlertoleranz verglichen werden als dies vollständige Jahresdatensätze erlauben würden.

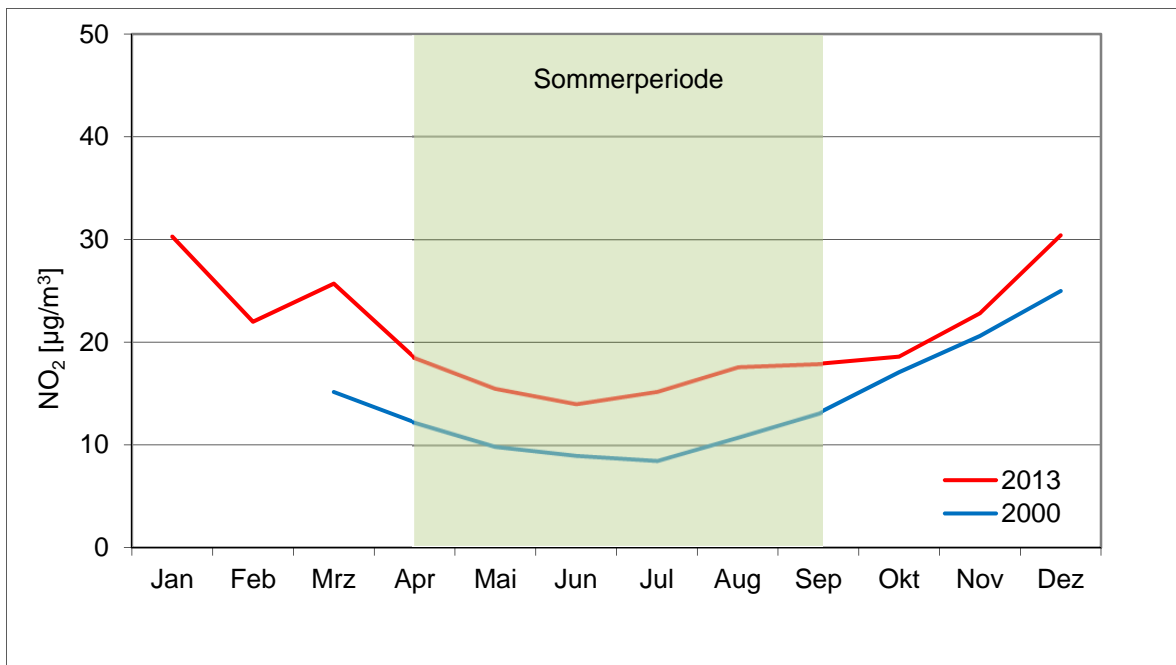


Abbildung 4: Staffelegg A, Vergleich der Stickstoffdioxidbelastung in den Jahren 2000 und 2013

In der Abbildung 4 ist in den Sommermonaten ein schöner paralleler Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung der Jahre 2000 und 2013 zu erkennen. In den Herbst und Wintermonaten nähern sich die beiden Kurven an, was auf meteorologische Unterschiede zwischen den beiden Jahren zurückzuführen ist.

## 6 Resultate

### 6.1 Verkehrsentwicklung

Die Veränderung an den einzelnen Standorten ist auch in den Verkehrszählraten ersichtlich. Da diese leider nicht für alle Standorte vorliegen und auch zeitlich nicht kohärent sind, werden im nächsten Abschnitt entsprechende Abschätzungen für die Interpretation der lufthygienischen Veränderung vorgenommen.

	Vor Inbetriebnahme Neue Staffeleggstrasse	Nach Inbetriebnahme Neue Staffeleggstrasse	
	DTV [Fzg/d]	DTV [Fzg/d]	DTV Veränderung [Fzg/d]
Staffelegg A	0 (vor 2011)	7'074 (2011) 9'819 (2013 <sup>1</sup> )	+ 9'819 (2010 – 2013)
Staffelegg B	6'500 (2000)	5'311 (2011)	- 1'189 (2000 – 2011)
Benkerjoch	1'870 (2001) 1'959 (2010)		
Küttigen (Staffelegg C)	11'340 (2000) 12'420 (2010)		
Staffelegg Passhöhe	6'550 (2003) 6'926 (2010)	9'676 (2013 <sup>1</sup> )	+ 2'750 (2010 – 2013)
Suhr (Referenz)	23'200 (1998) 23'838 (2008)		+ 638 (1998 – 2008)

Tabelle 5: DTV Entwicklung an verschiedenen Standorten (in Klammer ist das Erhebungsjahr angegeben)

<sup>1</sup> Daten stammen aus einer Erhebung im Zeitraum 12.8.13 – 25.8.13)

Aus den Verkehrsdaten der Tabelle 5 lassen sich folgende grobe Abschätzungen berechnen:

Im Jahr 2010 - also vor der Inbetriebnahme der NK 107 - wurde im Dorf Küttigen ein DTV von 12'400 Fahrzeugen, auf der Staffelegg ein solcher von fast 7'000 Fahrzeugen und auf dem Benkerjoch ein solcher von knapp 2'000 Fahrzeugen gezählt. Aus diesen Zahlen lässt sich der Ziel- und Quellverkehr nach und von Küttigen mit einem DTV von ca. 3'400 Fahrzeugen täglich errechnen. Unter der Annahme einer jährlichen Verkehrszunahme von 2% pro Jahr kann für das Erhebungsjahr 2013 davon ausgegangen werden, dass der in Küttigen selbst generierte DTV in etwa bei 3'600 Fahrzeugen liegt. Geht man davon aus, dass 75% des Verkehrs über die Staffelegg über die NK 107 abgewickelt wird, verbleibt für Küttigen ein Transitverkehr Richtung Staffelegg von immer noch ca. 2'500 Fahrzeugen täglich. Beim Benkerjoch gehen wir von einem Verhältnis aus, das genau umgekehrt liegt und nur 25% des Transitverkehrs über die NK 107 erfolgt - somit verbleibt für das Dorf Küttigen ein DTV von ca. 1'600 Fahrzeugen Richtung Benkerjoch (der DTV aus dem Jahr 2010 wurde mit 2% p.a. auf das Jahr 2013 hochgerechnet). Somit gehen wir also im Jahr 2013 für das Dorf Küttigen immer noch von einem Verkehr von 7'700 Fahrzeugen täglich aus. Dieser Wert entspricht ziemlich genau dem DTV der Kantonsstrasse K 107 (Ortsdurchfahrt Küttigen) aus dem Strassenlärm-Emissionskataster der Abteilung für Tiefbau.

Zusammenfassend gehen wir also davon aus, dass die NK 107 das Dorf Küttigen um 42% vom Durchfahrtsverkehr entlastet hat (um den Verkehr durch Küttigen im Jahr 2013 ohne Umfahrungsstrasse zu bestimmen, haben wir den Verkehr aus dem Jahr 2010 mit 2% p.a. hochgerechnet).

## 6.2 Verkehrsanteil der Stickstoffdioxidbelastung (NO<sub>2</sub>)

Die Verkehrsreduktion in Küttigen von 42%, stimmt recht gut mit der NO<sub>2</sub> Reduktion von -36% überein.

	NO <sub>2</sub> Sommer-Mittelwert 2000	NO <sub>2</sub> Sommer-Mittelwert 2013	NO <sub>2</sub> Veränderung	NO <sub>2</sub> Veränderung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[%]
Staffelegg A	10.6	16.5	+ 5.9	+ 56%
Staffelegg B	25.3	14.6	-10.7	- 43%
Staffelegg C	25.9	16.6	- 9.3	- 36%
Suhr (Referenz)	32.3	31.1	- 1.2	- 4%

Tabelle 6: Stickstoffdioxid Veränderung zwischen 2000 und 2013, Mittelwert der Sommerperiode April – September)

Die NK 107 verursacht am Standort Staffelegg A im Vergleich zum Jahr 2000 eine Mehrbelastung von +5.9 µg/m<sup>3</sup> oder +56% im Jahresmittel. Andererseits sank die Belastung am Standort Staffelegg C um -9.3 µg/m<sup>3</sup> oder -36%. Der Standort Suhr (dominant vom Verkehr belastet) zeigt in derselben Zeitperiode nur eine Differenz von - 4 % auf, dies bei einer Zunahme des Verkehrs um 2.75% zwischen 1998 und 2008. Diese Resultate weisen auf eine leichte Senkung der Verkehrsemissionen hin. Da die Abnahme resp. die Zunahme an den Staffeleggstandorten aber eindeutig höher ist, kann der grösste Anteil dieser Veränderungen den neuen Verkehrsbedingungen zugewiesen werden.

### 6.3 Gesamtstickstoffdioxid-Belastung (NO<sub>2</sub>)

Die Stickstoffdioxidbelastung 2013 am Staffelegg Standort A liegt mit 20.7 µg/m<sup>3</sup> deutlich unter dem LRV Jahreshgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup>. Dasselbe gilt für den Staffeleggstandort C, mit einem etwas höheren Jahresmittelwert von 23.2 µg/m<sup>3</sup>.

Insgesamt zeigen die Stickstoffdioxidresultate auf, dass die Luftbelastung in den besiedelten Gebieten abgenommen hat, was ein Vorteil für die Gesundheit der Bevölkerung darstellt. Auch korrosive Prozesse an Infrastrukturen und Schädigungen an Pflanzen werden dadurch vermindert.

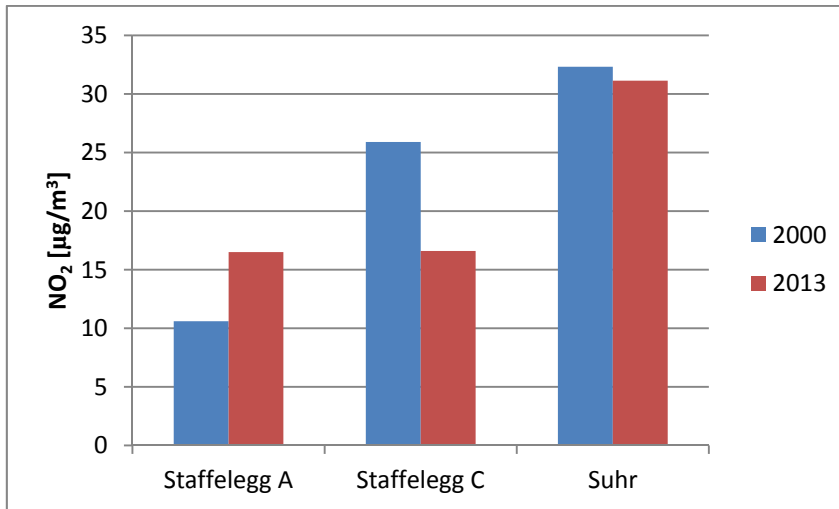


Abbildung 5: Stickstoffdioxid Veränderung zwischen 2000 und 2013, Jahresmittelwerte

### 6.4 Verkehrsanteil der PM<sub>10</sub> Belastung

Der verkehrsbedingte Feinstaub besteht im Wesentlichen aus dem motorisch erzeugten Russ, den Abriebpartikeln (Reifen-, Strassen- und Bremsabrieb) und den aus dem Abgas entstehenden sogenannten sekundären Partikeln. Der sekundäre Partikel-Verkehrsanteil besteht aus gasförmigen Vorläuferstoffen (NO<sub>x</sub> und VOC), welche sich durch chemische Reaktionen teilweise in Partikel umwandeln. Da diese Umwandlung zum grössten Teil nicht lokal stattfindet fließen diese Anteile, wie auch die mineralischen Staubanteile aus Landwirtschaft und Winderosion an den Messstandorten nicht in die Berechnung ein.

Aus den Messungen in Thalheim (Hintergrundstandort) und weiteren durchgeführten Partikelmessungen ist bekannt, dass die verkehrsbedingte Russ-Hintergrundkonzentration bei ca. 0.3 µg/m<sup>3</sup> liegt. Damit kann der lokal erzeugte Russanteil am Standort Staffelegg A berechnet werden (gemessene Konzentration – Hintergrundkonzentration). Diese Konzentration entspricht ungefähr der Konzentration des verlagerten Verkehrs resp. der Verminderung am Standort C durch das veränderte Verkehrsaufkommen.

Wie in der Tabelle 7 zu erkennen ist, sind die Russkonzentrationen relativ tief. Da es sich jedoch um einen krebserregenden Stoff handelt, sind selbst solche Konzentrationen wesentlich<sup>2</sup>.

	Verkehrsruss 2010	Verkehrsruss 2013	Veränderung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
Staffelegg A	0.3	0.5	+ 0.2
Staffelegg C	0.6	0.4	- 0.2

Tabelle 7: Veränderung der Verkehrsrusskonzentration durch die Neue Staffeleggstrasse (Mittelwerte der Sommerperiode April – September)

Die Konzentration an Abriebpartikeln am Standort Staffelegg A vor Inbetriebnahme der NK 107 kann mit der Hintergrundkonzentration (Thalheim) von 0.4 µg/m<sup>3</sup> angenommen werden, da sich der Verkehr auf die Zufahrt zu drei Liegenschaften beschränkte. Theoretisch müsste die am Standort Staffelegg A erzeugte Abriebkonzentration, der Konzentrationsabnahme am Standort Staffelegg C durch die Verkehrsverlagerung entsprechen. Die Abriebmenge ist jedoch ausser von der Verkehrsmenge noch von vielen weiteren Faktoren abhängig (siehe Tabelle 9). Da es nur wenig Informationen über die Entstehung von Abrieb gibt, ist die Faktorengewichtung nur orientierender Art.

	Staffelegg A	Staffelegg C
Belag	- (neuer Belag)	+ (alter Belag)
Geschwindigkeit	+ (80 km/h)	- (50 km/h)
Gesamtverkehr	+ 9'819 (2013)	- 7'700 (2013, Schätzung)
Verkehrsfluss	- (flüssig)	+ (teilweise stop & go)
Strassenränder	- (begrünt)	+ (befestigt)

Tabelle 8: Einflussfaktoren auf den Abrieb und auf die Resuspension (+ = Mehrbelastung, - = Minderbelastung)

Die in Tabelle 8 aufgeführten Informationen lassen erwarten, dass der Standort Staffelegg C ein höheres Abrieb- und Resuspensionspotential aufweist. Dies wird durch die Messwerte auch bestätigt. Am Standort Staffelegg A entstehen bei einem DTV von 9'800 Fahrzeugen 1.2 µg/m<sup>3</sup> und am Standort Staffelegg C bei einem DTV von 7'700 Fahrzeugen 1.1 µg/m<sup>3</sup> Abrieb- und Resuspensionspartikel.

<sup>2</sup> Bei kanzerogenen Stoffen gibt es keine Bagatellschwelle, d.h. auch kleinste Konzentrationen erhöhen das Risiko an Krebs zu erkranken. Der WHO Richtwert liegt bei 0.1 µg/m<sup>3</sup>



	Abrieb und Resuspension 2010	Abrieb und Resuspension 2013	Veränderung
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Staffelegg A	0.4	0.7	+ 0.3
Staffelegg C	1.0	0.7	- 0.3

Tabelle 9: Veränderung der Abriebkonzentration durch die NK 107 (Mittelwerte der Sommerperiode April – September)

Der PM10 Verkehrsanteil setzt sich aus dem Verkehrsruss- den Abrieb- und Resuspensionspartikel zusammen. Die Tabelle 10 zeigt die verkehrsbedingten PM10 Konzentrationen an beiden Standorten auf.

	Verkehrsruss	Abrieb- und Resuspension	Total	Gesamt PM10	Primärer Verkehrsanteil im PM10
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
Staffelegg A	0.5	0.7	1.2	19.6	6
Staffelegg C	0.4	0.7	1.1	21.0	5

Tabelle 10: PM10 Verkehrsanteil 2013 durch die NK 107 (nur primär emittierte Partikel)

## 6.5 Gesamtfeinstaub-Belastung (PM10)

Der Jahresmittel-Grenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die PM10 Belastung ist am Standort Staffelegg A und B knapp eingehalten. Am Standort Staffelegg C ist der Grenzwert überschritten.

	PM10 Jahresmittelwert 2013
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Staffelegg A	19.6
Staffelegg C	21.0
Suhr	22.9
Thalheim	18.0

Tabelle 11: PM10 Belastung 2013 an den drei Staffeleggstandorten inkl. Suhr und Thalheim  
Vergleichswerte aus früheren Jahren liegen keine vor.

Insgesamt zeigen die Staubresultate auf, dass die Luftbelastung, insbesondere der Russanteil in den besiedelten Gebieten abgenommen hat, was ein grosser Vorteil für die Gesundheit der Bevölkerung darstellt. Auch Verschmutzungen von Infrastrukturen durch Partikel konnte gesenkt werden.

## 7 Verkehrsszenario 60 oder 80 km/h

Aus lufthygienischer Sicht stellt sich die Frage, ob auf der NK 107 Tempo 60 oder 80 km/h signalisiert werden soll.

Mit Hilfe der Emissionsfaktoren aus dem HBEFA (Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Version 3.1, 2010) wurden für das Jahr 2013 die Emissionen auf der NK 107 für das Temporegime 60 bzw. 80km/h berechnet. Berücksichtigt wurde die Strecke vom Kreisel Telli via Kreisel Biberstein bis Kreisel Küttigen. Die Streckenlänge beträgt 2.989 Kilometer, der Steigungsgradient variiert zwischen 0 und 6.5%. Der DTV 2013 für den Streckenabschnitt Kreisel Telli bis Kreisel Biberstein beträgt 13'751 und für den Streckenabschnitt Kreisel Biberstein bis Kreisel Küttigen 9'819. Der schwere Nutzfahrzeug-Anteil (SNF) beträgt 4.8% und der leichte Nutzfahrzeug-Anteil (LNF) 6.7%.

Beim Verkehrsregime 60 km/h resultieren tiefere Emissionen als bei 80 km/h. Bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen<sup>3</sup> liegt die Differenz im Bereich von 5% und bei den PM10-Emissionen im Bereich von 8%.

Das Minderungspotential kann nun auf die aktuellen Immissionsbelastungen umgelegt werden um den Minderungseffekt der Temporeduktion aufzuzeigen. Bei der Berechnung wird von einem linearen Zusammenhang zwischen Emissionen und Immissionen ausgegangen.

Staffelegg A	Jahresmittelwert	Verkehrsanteil	berechnete Abnahme durch Temporeduktion auf 60 km/h bezogen auf den Jahresmittelwert	
	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
NO <sub>2</sub>	20.7	5.9	- 0.3	- 1.5
PM10	19.6	0.2	- 0.02	- 1.0

Tabelle 12: Abschätzung der Immissionsminderung durch die Temporeduktion von 80 km/h auf 60 km/h, die relative Abnahme ist bezogen auf den Jahresmittelwert

Da die Belastung an NO<sub>2</sub> am Standort Staffelegg A deutlich unter dem Jahresmittelgrenzwert liegt, hat eine weitere Reduktion von ca. 1.5 % respektive ca. 0.3 µg/m<sup>3</sup> bezogen auf die NO<sub>2</sub> Immissionsbelastung oder 5 % der NO<sub>x</sub>-Verkehrsemissionen keinen nennenswerten lufthygienischen Einfluss. Beim PM10 wird nur die Abnahme der motorischen Partikel (Russ) miteinbezogen, da keine offiziellen Emissionsfaktoren für den Abrieb und die Resuspension existieren. Hier liegt die Reduktion bezogen auf die PM10 Immissionsbelastung bei ca. 1 % respektive 0.02 µg/m<sup>3</sup> oder 8 % der Verkehrsemissionen. Eine 1% Abnahme der PM10 Konzentration ist aus Sicht des LRV Grenzwertes wenig relevant, vor allem da sie in nicht besiedeltem Gebiet stattfindet.

Die prognostizierte NO<sub>x</sub>- und Partikelminderung durch die bevorstehende Einführung der Euro VI Norm für schwere Nutzfahrzeugen wird die Russ und NO<sub>x</sub> Belastung über die

<sup>3</sup> Emissionswerte werden als NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>) angegeben, bei den Immissionen besteht für NO<sub>2</sub> ein Grenzwert, NO wird durch Ozon (O<sub>3</sub>) relativ schnell zu NO<sub>2</sub> umgewandelt

nächsten Jahre flächendecken senken. Eine konsequente Förderung von Euro VI Fahrzeugen und deren Emissionsüberwachung führt deshalb zu einer nachhaltigeren und grossräumigeren Verbesserung für die NO<sub>2</sub> und PM10 Immissionsbelastung.

## 8 Glossar

Abkürzung	
AfU	Abteilung für Umwelt, Departement Bau, Verkehr und Umwelt (BVU)
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LRV	Luftreinhalteverordnung
LW	Lastwagen
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide (Summe aus NO und NO <sub>2</sub> )
PM2.5	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 2.5 Mikrometer, → Feinstaubanteil im PM10
PM10	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer
PM2.5-10	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser zwischen 2.5 und 10 Mikrometer → Grobstaubanteil im PM10
REM	Rasterelektronenmikroskopie
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
VOC	flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (z.B. Treibstoffe)

### Partikelherkunft innerhalb des Staffeleggprojektes

Grösse	Opak (licht undurchlässig)	Mögliche Quellen
PM2.5	frischer Russ	Verbrennungsprozesse
	Metalle	Motorenöle, thermische Bremspartikel
PM2.5-10	Gealterter Russ	Verbrennungsprozesse
	Aschepartikel	Kamine
	Reifen und Strassenabrieb	Verkehr
	Metallpartikel	Metallkorrosion
	Verunreinigte mineralische Partikel	Aufwirbelung, Holzfeuerungen

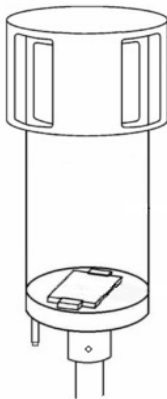
Grösse	Transparent	Mögliche Quellen
PM2.5	Sporen, Pflanzenfragmente	Natur
	Mineralstaub	Holzverbrennung
	Mineralstaub	Saharastaub
PM2.5-10	Mineralstaub	Baustellen
	Mineralstaub	Landwirtschaft
	Pflanzenfragmente	Natur
	Pollen	Natur

## 9 Anhang

### 9.1 Messmethoden

#### 9.1.1 Grobstaubmessung

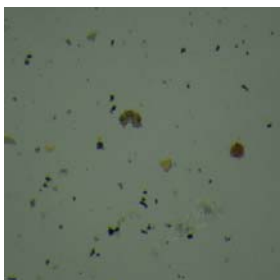
Die Probenahme des Grobstaubes wurde mit dem Sigma-2 Passivsammler durchgeführt. Die mit der natürlichen Luftströmung transportierten Partikel gelangen ins windberuhigte Innere des Passivsammlers. Dort sedimentieren die Partikel mit einem geometrischen Durchmesser zwischen 2.5 und 80 µm und setzen sich auf einer transparenten Folie von 65x65 mm Fläche ab. Diese ist auf der Oberseite mit ca. 50 µm eines



witterungsbeständigen Kleber beschichtet, sodass die Partikel auch beim Transport ins Labor nicht verloren gehen.

Die Probenahme erfolgt über 7 Tage. In vereinzelt Fällen, z.B. Abwesenheit des Wechselpersonals, sind auch abweichende Probenahmeperioden entstanden. Diese wurden jedoch protokolliert und bei der Berechnung berücksichtigt. Die exponierte Haftfolie wird trocken und im Dunkeln bei Raumtemperatur zwischengelagert. Alle 2 bis 3 Monate werden die gesammelten Folien ins Labor des Deutschen Wetterdienstes gebracht.

Im Labor des Deutschen Wetterdienstes werden die Folien bei 35 - 40°C in einer staubfreien Umgebung konditioniert. Danach wird aus der 65 x 65 mm Haftfolie ein 18 x 18 mm abmessendes Quadrat ausgestanzt. Dieses wird in einem wässrigen Immersionsöl mit einem Brechungsindex 1.43 eingebettet. Die Partikelanalyse erfolgt automatisch



unter einem Durchlichtmikroskop bei einer 20-fachen Vergrößerung. Insgesamt wird eine Fläche von 10 mm<sup>2</sup> gescannt. Die daraus entstehenden 100 Bilder werden mit einem PC- gestützten Bildanalyseprogramm analysiert und die Partikel mittels Bildanalyseprogramm vermessen.

Aus den so gewonnenen Partikeldaten werden gemäss VDI Richtlinie 2119-4 die Partikelanzahlsedimentationsrate und die Massenkonzentration in 5 Grössenklassen berechnet.

Der Grobstaub kann aufgrund des Kontrastes der Partikel unter dem Lichtmikroskop in zwei Partikelklassen eingeteilt werden, nämlich in transparent und in opak erscheinende Partikel.

### 9.1.2 Feinstaubmessung (PM<sub>2.5</sub>)

Die Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  wurden mit einem Minivolumensamplifier der Firma Leckel auf 47 mm Quarzfilter (tissu quartz) gesammelt. Diese Filter wurden vor der Exposition im Umweltlabor des Kantons Aargau konditioniert und das Taragewicht bestimmt. Das identische Prozedere wurde mit den bestaubten Filtern für die Bestimmung des Bruttogewichtes durchgeführt. Aus dem Nettogewicht und des durch den Filter gesaugten Volumen wurde die Massenkonzentration des Feinstaubes bestimmt.

### 9.1.3 Messung des elementaren und organischen Kohlenstoffes (EC/OC)

Mit einem Aliquot von  $1 \text{ cm}^2$  Filterfläche wurde mittels thermo-optischem Transmissionsverfahren (TOT) der Kohlenstoff auf den Quarzfiltern bestimmt. Bei dieser Methode wird die Probe in einer ersten Phase unter einer Helium-Atmosphäre stufenweise aufgeheizt. Dabei verflüchtigen sich die organischen Verbindungen. Diese werden durch einen Manganoxid-Ofen weitergeleitet und in  $\text{CO}_2$  umgewandelt. Das  $\text{CO}_2$  wird anschliessend durch einen Nickel-Katalysator geleitet und zu  $\text{CH}_4$  reduziert. Das  $\text{CH}_4$  wird mit einem Flammenionisationsdetektor quantitativ gemessen und als OC definiert. In einer zweiten Phase wird die Probe unter einer  $\text{He/O}_2$ -Atmosphäre erneut aufgeheizt. Dabei oxidiert die restliche Kohlenstoffmenge und wird anschliessend als  $\text{CH}_4$  quantitativ gemessen und als EC definiert.

Während des ersten Aufheizprozesses wird ein Teil des OC in EC umgewandelt (Pyrolyse). Mittels Messung der Lichttransmission durch den Filter während der Analyse kann die Menge des pyrolysierten Kohlenstoffes bestimmt und dem OC zugerechnet werden.

## 9.2 Probenahme- und Analysenqualität

Die Probenahme mit dem Leckel VS-C lief mit Ausnahme des ersten Vierteljahres völlig problemlos. Die Probleme wurden durch eindringende Feuchte (Schnee und Regen) verursacht, welche die Stabilität des Filters negativ beeinflusste, sodass diese nicht mehr ohne Massenverluste gewogen werden konnten.

Mit der Nachrüstung des Filterkopfes mit Insektenschutznetzen und einer grösseren Wetterschutzkappe konnten diese Probleme behoben werden.

Die Sigma-2 Probenahme konnte ohne Probleme durchgeführt werden und die Haftfolien wiesen keine Überbelegung auf und konnten demzufolge problemlos mikroskopiert werden.

Die Laboranalytik für die EC/OC und die Kaliumbestimmung konnte ohne Probleme durchgeführt werden.

### 9.3 Stickstoffdioxidaten

Jahresmittel	Stickstoffdioxid 2013	Stickstoffdioxid Sommerperiode 2000	Stickstoffdioxid Sommerperiode 2013
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Staffelegg A	20.7	10.6	16.5
Staffelegg B	19.8	25.3	14.6
Staffelegg C	23.2	25.9	16.6
Suhr	34.0	32.3	31.1
Thalheim	--	--	--

### 9.4 Grobstaubdaten

Jahresmittel	Opak 2.5-10 $\mu\text{m}$	Opak 10-80 $\mu\text{m}$	Transparent 2.5-10 $\mu\text{m}$	Transparent 10- 80 $\mu\text{m}$
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Staffelegg A	1.1	1.1	3.3	3.9
Staffelegg B	1.0	1.4	3.0	4.0
Staffelegg C	1.1	2.6	3.4	5.1
Suhr	1.9	3.1	3.4	4.2
Thalheim	0.5	0.4	4.2	4.4

### 9.5 Feinstaubdaten

Jahresmittel	Feinstaub (PM2.5)
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Staffelegg A	15.7
Staffelegg C	17.0
Suhr	20.1
Thalheim	16.0

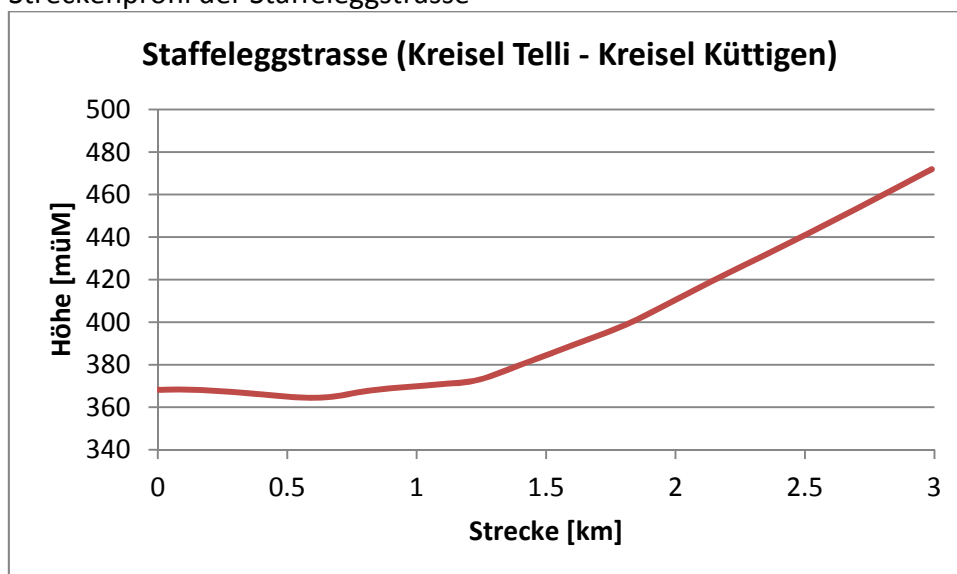
### 9.6 Russdaten

Jahresmittel	Russ
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Staffelegg A	0.57
Staffelegg C	0.59
Suhr	1.29
Thalheim	0.32

Die detaillierten Messdaten können auf Anfrage bei der Sektion Luft und Lärm bezogen werden.

## 9.7 Emissionsberechnungen

Streckenprofil der Staffeleggstrasse



### Parameter HBEFA (Version 3.1)

Verkehrssituation: Hauptverkehrsstrasse ländlich

Gradient: 0 bis 6%

Geschwindigkeit: 60km/h bzw. 80km/h

Verkehrszustand: flüssig bzw. dicht

Jahr: 2013

Fahrzeugkategorien: PKW bzw. SNF bzw. LNF

Schadstoffe: NO<sub>2</sub> bzw. PM (Abgas)

Berücksichtigt: PKW-Klimaanlage für CH (durchschnitt)

### Verkehrsdaten

Die DTV Angaben stammen aus einer Verkehrs-Erhebung aus dem Zeitraum 12.8.13 – 25.8.13.

Kreisell Telli bis Kreisell Biberstein: DTV 13'751

Kreisell Biberstein bis Kreisell Küttigen: DTV 9'819

Annahme: SNF Anteil von 4.8% und Lieferwagen Anteil von 6.7%

Diese SNF- bzw. Lieferwagen-Anteile entsprechen einer Verkehrs-Erhebung aus dem Zeitraum 12.8.13 bis 25.8.13 nördlich des Kreisell Küttigen.

Berechnungsergebnisse:

	Verkehrszustand: flüssig		Verkehrszustand: 98% flüssig, 2% dicht	
	NO <sub>x</sub>	PM	NO <sub>x</sub>	PM
<b>60km/h [kg/Jahr]</b>	16.348	0.414	16.409	0.416
<b>80km/h [kg/Jahr]</b>	17.144	0.449	17.138	0.449
<b>Differenz [kg/Jahr]</b>	0.80	0.04	0.73	0.03
<b>Differenz [%]</b>	4.9	8.4	4.4	7.9
<b>Fazit</b>	tiefere Emissionen bei 60km/h		tiefere Emissionen bei 60km/h	



