

Feinstaubkonzentration in Abhängigkeit des Niederschlages an baustellenbeeinflussten Immissionsmessstellen.

**Welche PM10 - Reduktion kann durch Befeuchtungsmaßnahmen auf
Baustellen und Betriebsarealen erzielt werden?**

September 2009



Amt der Tiroler Landesregierung
Abteilung Emissionen-Sicherheitstechnik-Anlagen

Feinstaubkonzentration in Abhängigkeit des Niederschlages an baustellenbeeinflussten Immissionsmessstellen.

Amt der Tiroler Landesregierung

Abteilung Emissionen-Sicherheitstechnik-Anlagen

Herrengasse 1-3, 6020 Innsbruck

E Mail: esa@tirol.gv.at

Internet: <http://www.tirol.gv.at/buerger/sicherheit/esa/emissionsbegrenzung/>

Erstellt von

Mag. Anton Strobl

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Emissionen-Sicherheitstechnik-Anlagen

September 2009

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen oder Hinzufügen, veröffentlicht werden, ansonsten ist die Zustimmung der Autoren einzuholen.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die PM10-Konzentration in Abhängigkeit des Niederschlages an baustellenbeeinflussten Immissionsmessstellen diskutiert.

Als baustellenbeeinflusste Messstellen werden die beiden Stationen Fritzens und Baumkirchen verwendet, die im Zuge der BEG (Brennereisenbahn GmbH) Bauarbeiten betrieben werden. Zudem wird die unbeeinflusste Messstation Vomp an der Leiten und die innerstädtische Station Andechstraße, betrieben vom Amt der Tiroler Landesregierung Abt. Waldschutz, zum Vergleich herangezogen. Als Referenzstation für die Niederschlagsmessung dient die Messstation Hall i.T.. Die Untersuchungszeiträume sind in Jahre mit Baustellenbetrieb und in Jahre ohne Baustellenbetrieb aufgeteilt. Darüber hinaus werden diese Zeiträume in verschiedene Jahreszeiten unterteilt.

Ein weiterer Punkt in dieser Arbeit ist der Effekt bzw. der Reduktionsfaktor, welcher durch Befeuchtungsmaßnahmen auf Baustellen und Betriebsarealen erzielt werden kann.

Der Einfluss des Niederschlages auf die PM10 – Konzentration im Bereich von Großbaustellen, welche starke diffuse Staubquellen darstellen, ist für Emissionsansätze, Emissions- und Immissionsberechnungen von wesentlicher Bedeutung. Die Bauarbeiten der BEG (Brennereisenbahn Ges.m.b.H.) im Bereich Fritzens und Baumkirchen für die neue Unterinntalbahntrasse bieten, aufgrund dieser Immissionsmessstellen, die Möglichkeit dieses Thema zu bearbeiten.

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines

1.1 Untersuchungszeitraum

1.2 Zielsetzung

2 Lage und Beschreibung der Messstellen

3 Einfluss des Niederschlages auf die PM10-Konzentration

3.1 Jahreszeitenabhängigkeit der PM10 Konzentration in Abhängigkeit des Niederschlages

3.2 PM10-Reduktion durch Niederschlag

4 Welchen Effekt kann das Befeuchten auf Betriebs- und Baustellenarealen auf die PM10- Emission haben?

5 Schlussfolgerung und Diskussion

6 Literatur

1 Allgemeines

Bei Schwebstaub, ausgedrückt als PM10 (Particulate matter), handelt es sich um Feinstaubpartikel deren Durchmesser kleiner 10 µm ist. Diese feinen Partikel können tief in die Lunge gelangen und zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen führen. Die Hauptquellen für PM10 – Emissionen stellen die Industrie, der Verkehr, die Erzeugung von Raumwärme, die Landwirtschaft, Mineral-Rohstoff-Betriebe und die Bauindustrie dar. Zum einen unterscheidet man zwischen Emissionen welche aus gefassten Quellen stammen (Industrie, Verkehr, Raumheizung etc.). Diese Emissionen können meist recht gut erfasst werden. Zum anderen gibt es Emissionen aus diffusen Quellen, beispielsweise Aufwirbelung auf Fahrwegen, Emissionen aus Schüttgutumschlägen im Gewerbe, der Bauwirtschaft und des Mineralrohstoffabbaues. Emissionen aus diffusen Quellen sind in der Regel schwer zu quantifizieren und zuzuordnen [UMWELTBUNDESAMT 2005].

In Österreich sind die Grenzwerte für Luftschadstoffe im Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L BGBl. 115/97 idgF.) geregelt.

1.1 Untersuchungszeitraum

Der gesamte Untersuchungszeitraum in dieser Arbeit beläuft sich von Anfang 2003 bis Ende 2006. Die Jahre 2003 und 2004 (Phase 1 ohne Bautätigkeit) sind jene Jahre, an denen noch keine Bautätigkeiten durchgeführt wurden. Während der Jahre 2005 und 2006 (Phase 2 mit Bautätigkeit) sind die beiden Messstellen Fritzens und Baumkirchen von den Arbeiten der BEG-Baustelle beeinflusst. Durch diese Aufteilung kann das Verhalten der PM10-Konzentration (TMW -- Mittelwerte) und der Einfluss der Baustellen jeweils in Abhängigkeit des Niederschlages dargestellt werden. Um eine weitere, feinere Aufteilung zu erhalten, werden diese Phasen noch in Jahreszeiten aufgeteilt. Die Jahreszeiteaufteilung erfolgt in Winter (NDJF), Frühling/Herbst (MASO) und Sommer (MJJA). Das Hauptaugenmerk wird allerdings auf die Übergangszeiträume Frühling/Herbst (zusammengefasst) sowie auf die Sommermonate gelegt. Im Winter ist der Vergleich und der Einfluss der Baustelle schwieriger darzustellen. Die Gesamtbelastung ist im Winter wesentlich höher. Die meteorologische Situation (Inversionswetterlagen) und zusätzliche Emissionen aufgrund der jahreszeitlich bedingten Heizperiode führen zu dieser hohen Gesamtbelastung. Als Niederschlagsreferenzstation wird die Station Hall in Tirol verwendet. Für Messstellen zwischen Innsbruck und Vomp kann die Station Hall in Tirol bezüglich der Niederschlagsmessung als repräsentativ angesehen werden.

1.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit sollen vorrangig folgende Fragestellungen behandelt und letztlich beantwortet werden, welche im Zuge der Sachverständigentätigkeit in Genehmigungsverfahren von diversen Großbaustellen oder ähnlichen Vorhaben und Projekten hilfreich sein können.

- a) **Wie wirkt sich der Niederschlag auf die PM10-Emission bzw. Immission aus?**
- b) **Wie stark ist die Reduktion der PM10-Belastung durch Niederschlagsereignisse?**
- c) **Welchen Effekt kann das Befeuchten auf Betriebs- und Baustellenarealen auf die PM10- Emission haben? Welche Reduktion kann dadurch erzielt werden?**

2 Lage und Beschreibung der Messstelle

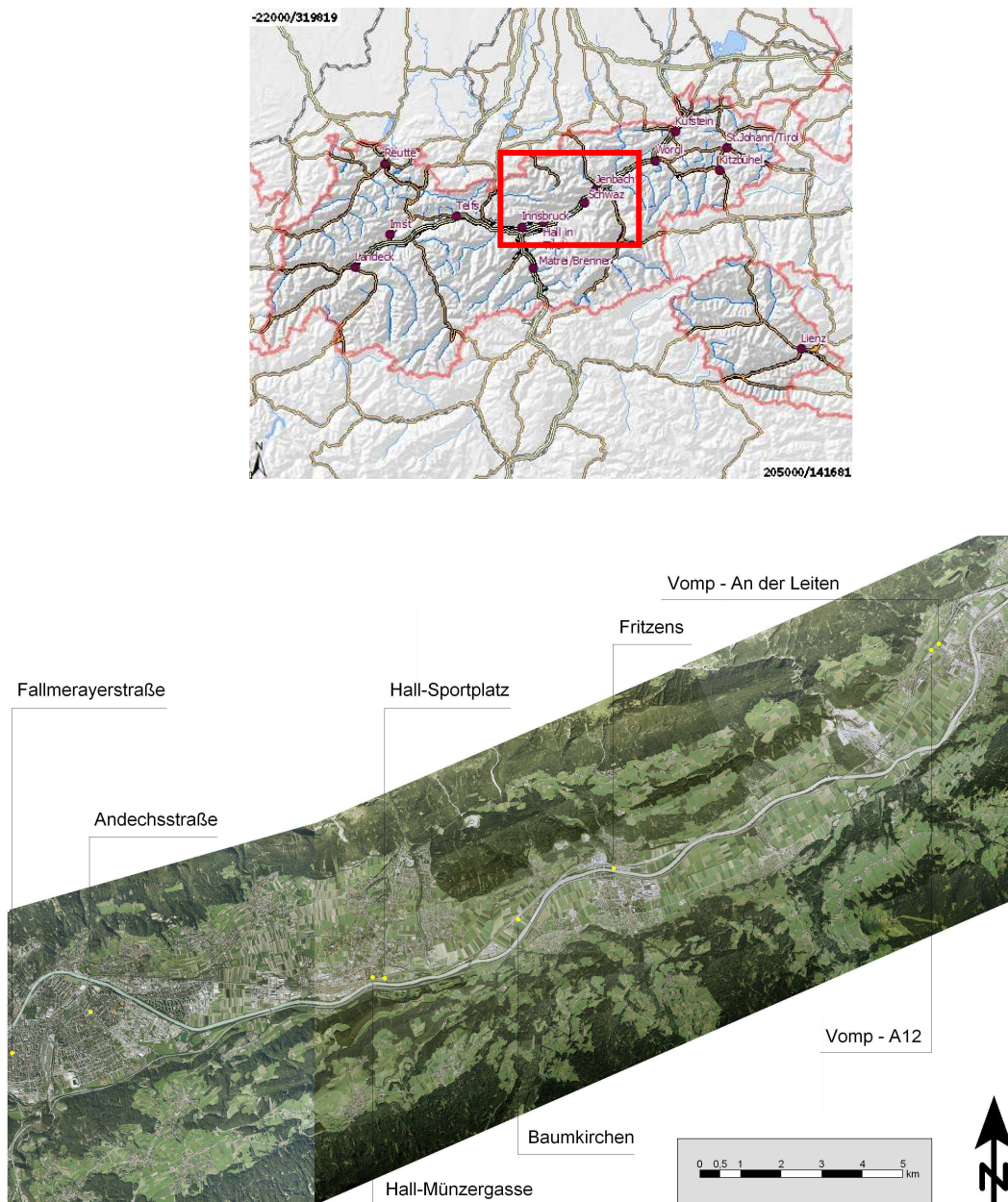



Bild 2.1: Übersichtskarte und Lage der Messstationen. © Land Tirol 

Die beiden Messstellen Fritzens und Baumkirchen sind Immissionsmessstationen, welche die PM₁₀-Konzentration im Nahbereich der BEG-Baustelle an zwei unterschiedlichen Standorten erfassen. Die Station Fritzens ist durch ihre Lage auch ohne Baustellentätigkeit einer höheren PM₁₀-Immission ausgesetzt, da diese Station in der Nähe des Zufahrtbereiches eines Betriebsareals von mehreren

Großbetrieben (Baustoffhandel, Beton und Schotterwerk) situiert ist. An dieser Station sind auch ohne Baustelleneinfluss höhere Staubemissionen zu beobachten, welche durch zu und abfahrende LKW-Fahrzeuge aufgrund des nahe liegenden Betriebsareal verursacht werden. Der Individualverkehr, welcher an der Messstelle vorbeiführt, trägt durch Wiederaufwirbelung in Fritzens ebenfalls zu einer höheren Grundbelastung bei.

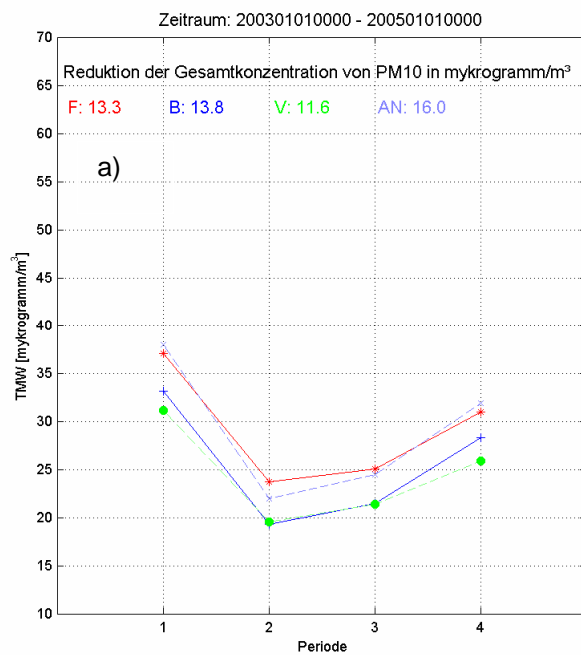
Die Station Baumkirchen kann ohne Baustellenbetrieb mit einer Hintergrundstation im Inntal verglichen werden. Die Station ist an einer wenig befahrenen Straße situiert. Während der Bautätigkeiten war die Station stark von vorbeifahrenden Baufahrzeugen, Materialumschlag, Materialaufbereitung auf verschiedenen Zwischenlagern und Materialeinbau beeinflusst. Art und Umfang der Bautätigkeiten sowie die Jahresmittelwerte (JMW) der PM10 Belastung für den Untersuchungszeitraum an diesen Messstellen sind im Artikel von Kuntner (2009) ausführlich beschrieben.

Zusätzlich werden in dieser Untersuchung die Stationen Vomp an der Leiten und Andechstraße verwendet. Diese zwei Stationen werden vom Amt der Tiroler Landesregierung Abt. Waldschutz betrieben. Die Station Vomp an der Leiten kann ebenfalls als Hintergrundstation im Inntal herangezogen werden. Diese Station steht etwas abseits der Autobahn im Siedlungsbereich und kann als Referenzstation verwendet werden. Die innerstädtische Station Andechstrasse in Innsbruck ist hauptsächlich durch Verkehr und Hausbrand beeinflusst. Alle hier verwendeten Stationen befinden sich in der Inntalachse im PM10 - Luftsanierungsgebiet.

3 Einfluss des Niederschlages auf die PM-10-Konzentration

Am Beginn dieses Abschnittes 3 soll kurz der Aufbau der folgenden Abbildungen beschrieben werden. Anhand von Tagesmittelwerten (TMW) wurde die mittlere PM10 - Konzentration über verschiedene Perioden berechnet. Periode 1 zeigt die mittlere PM10 - Konzentration über einen Zeitraum ohne Niederschlag (Trockenperiode). Periode 2 stellt die mittlere PM10 - Konzentration über eine Niederschlagsperiode dar. Als Niederschlagsperiode wird in dieser Arbeit jener Zeitraum festgelegt, an welchem an der Messstation in Hall mindestens 1 mm/m² und Tag gemessen wurde. Diese Festlegung birgt gewisse Unsicherheiten in sich. Zum einen wird nicht berücksichtigt, zu welcher Tageszeit der Niederschlag gefallen ist, und zum anderen bedeutet ein Niederschlagsereignis in Hall, trotz der räumlich zentralen Lage, nicht in 100 % der Fälle auch Niederschlag an den übrigen Messstationen.

Periode 3 und Periode 4 zeigen das Verhalten der PM10 – Konzentration am ersten Tag nach der Niederschlagsperiode und am zweiten Tag nach der Niederschlagsperiode. Die Angabe *NS-P* gibt die mittlere Länge einer Niederschlagsperiode in Tagen an. Die Information *NS/P* ist die mittlere Niederschlagsmenge pro Niederschlagsperiode in mm/m². Zudem ist die maximale Länge einer Niederschlagsperiode im jeweiligen Untersuchungszeitraum durch *max. NS-P* angegeben. Der Niederschlag bezieht sich jeweils auf die Messstation in Hall in Tirol (siehe Abbildung 2.1).



NS \geq 1 mm/Tag in Hall

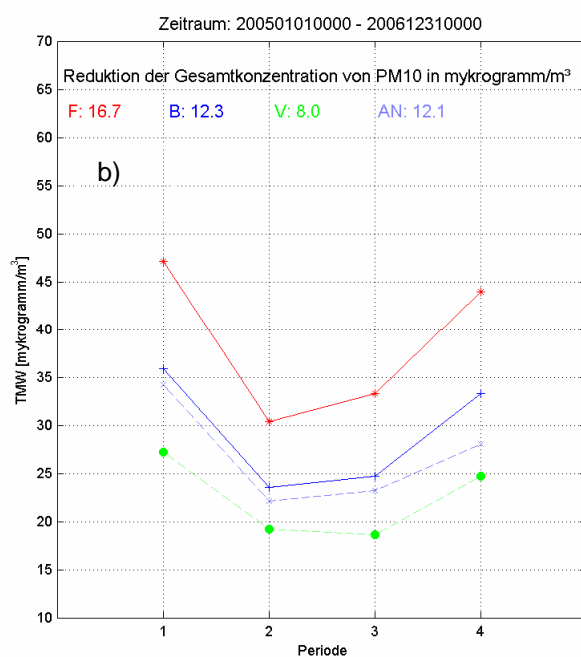
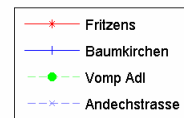
gesamtes Jahr

- 1: Trockenperiode
 - 2: Regenperiode
 - 3: 1. Tag nach NS-Periode
 - 4: 2. Tag nach NS-Periode
- keine Bauarbeiten

NS-P (Tage) = 2

NS/P (mm) = 5.9

max NS-P (Tage) = 8



NS \geq 1 mm/Tag in Hall

gesamtes Jahr

- 1: Trockenperiode
 - 2: Regenperiode
 - 3: 1. Tag nach NS-Periode
 - 4: 2. Tag nach NS-Periode
- Bauphase

NS-P (Tage) = 2

NS/P (mm) = 7.2

max NS-P (Tage) = 6

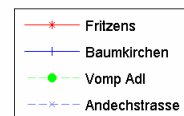


Bild 3.1: PM10 – Konzentration in Abhängigkeit von Niederschlagsperioden während des ganzen Jahres für den Zeitraum ohne Baustellenbetrieb a und mit Baustellenbetrieb b.

Bild 3.1 a zeigt die PM10-Konzentration der verwendeten Messstationen während der verschiedenen Perioden für den Zeitraum ohne Baustellenbetrieb in Fritzens und Baumkirchen. Alle 4 Stationen zeigen das selbe Verhalten und eine ähnliche Reduktion der PM10 – Konzentration zwischen der Trockenperiode und der Regenperiode. Ebenfalls Ähnlich ist das Verhalten am ersten und am zweiten

Tag nach der Niederschlagsperiode. Die Schwankungen zwischen den stärker belasteten Stationen Fritzens bzw. Andechstrasse und der nicht direkt beeinflussten Referenzstation Vomp a.d.L. beläuft sich während der ganzen Perioden auf 7-8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Je nach Höhe der PM10 – Konzentration während der Trockenperiode beträgt die absolute Reduktion im Schnitt zwischen 11 und 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. zwischen 36 und 42 % der Ausgangskonzentration. In dieser Abbildung ist ebenfalls zu sehen, dass die von vorn herein etwas stärker belastete Station Fritzens und die innerstädtische Station Andechstrasse in Innsbruck sich etwas von den übrigen Stationen abheben.

Bild 3.1 b zeigt dieselbe Situation, jedoch für einen Zeitraum, in dem in Fritzens und Baumkirchen bereits Bauarbeiten stattgefunden haben. Die Station Fritzens hebt sich deutlich von den übrigen Stationen ab. Ebenfalls liegt in diesem Fall die Station Baumkirchen über den übrigen Stationen. Die PM10 Konzentration der Station Fritzens ist auch während der Niederschlagsperiode deutlich höher als an den anderen Stationen. Die Station Baumkirchen nähert sich während der Niederschlagsperiode an das Niveau der innerstädtischen Station an. Anders als in Bild 3.1 a steigt die Konzentration hier am 2. Tag nach dem Niederschlagsereignis auf ein ähnlich hohes Niveau wie während der Trockenperiode. Am zweiten Tag nach der Niederschlagsperiode steigt die Konzentration, mit Ausnahme der Station Andechstrasse, wieder gleichmäßig stark an. Die absolute Reduktion durch ein Niederschlagsereignis beträgt an der Station Fritzens ca. 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 35 % der Ausgangskonzentration), an den übrigen Stationen zwischen 8 und 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 30 und 35 % der Ausgangskonzentration). An den baustellenbeeinflussten Stationen Fritzens und Baumkirchen kann das Konzentrationsniveau durch Niederschlag nicht auf das Niveau reduziert werden, welches in den beiden Jahren zuvor ohne Baustelleneinfluss erreicht wurde.

Bei diesen Abbildungen ist zu berücksichtigen, dass hier ebenfalls die Wintermonate (NDJF), welche stark von der meteorologischen Situation (Inversionswetterlagen) abhängen und zusätzlich durch die Emissionen aus Hausbrand beeinflusst sind, mit hinein fließen.

3.1 Jahreszeitenabhängigkeit der PM10 Konzentration in Abhängigkeit des Niederschlages

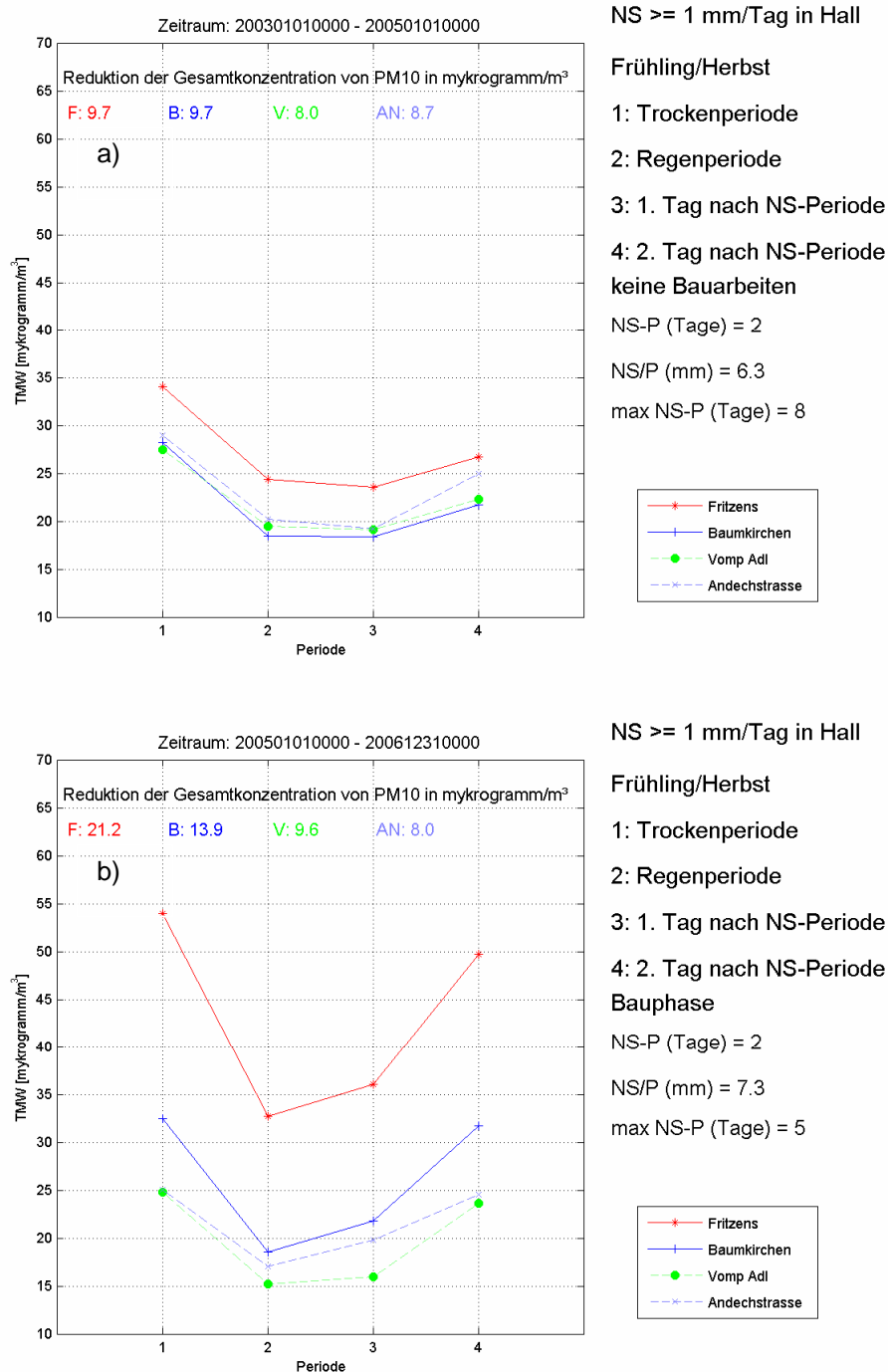


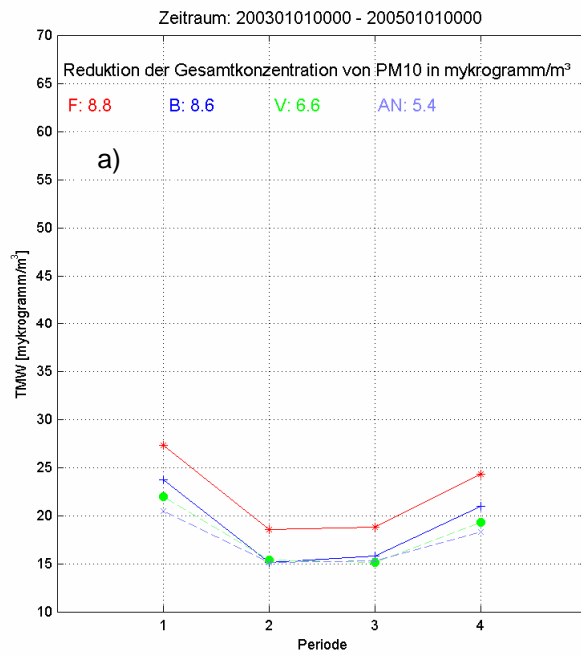
Bild 3.1.1: PM10 – Konzentration in Abhängigkeit von Niederschlagsperioden während der Übergangsmonate (MASO) für den Zeitraum ohne Baustellenbetrieb a und mit Baustellenbetrieb b.

In den Abbildungen 3.1.1 a und 3.1.1 b ist inhaltlich die selbe Information dargestellt, wie in Abbildung 3.1, allerdings für die Monate März, April, September und Oktober. In Abbildung 3.1.1 a ist zu

erkennen, dass die Station Fritzens sich leicht von den übrigen Stationen abhebt. Dies ist durch LKW Zu- und Abfahrten des nahe liegenden Betriebsareals zu erklären. Die drei anderen Stationen liegen hier auf einem sehr ähnlich Niveau. Der Anstieg nach dem ersten niederschlagsfreien Tag an der innerstädtischen Station Andechstrasse ist etwas stärker ausgeprägt. Die PM10 Reduktion beträgt je nach Station zwischen 8.0 und 9.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 30% der Ausgangskonzentration).

In Abbildung 3.1.1 b ist der Einfluss der Großbaustelle deutlich zu erkennen. Beide Baustellenstationen heben sich deutlich von den übrigen Stationen ab. Die Reduktion an der stark belasteten Station Fritzens beträgt 21.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 40% der Ausgangskonzentration), in Baumkirchen 13.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 42 % der Ausgangskonzentration). Deutlich erkennbar ist auch der rasche Anstieg am zweiten Tag nach der Niederschlagsperiode.

In Abbildung 3.1.2 ist die PM10 - Konzentration für die Sommermonate Mai, Juni, Juli und August dargestellt. In beiden Fällen (a und b) ist im Vergleich zu Abbildung 3.1.1 zu erkennen, dass das Niveau der PM10 Konzentration deutlich niedriger ist. Aufgrund besserer Ausbreitungsbedingungen in diesen Monaten ist die PM10 – Konzentration durchwegs auf einem sehr niederen Niveau (Kollmann 2009). Dadurch, dass das Niveau generell niedriger ist, ist auch die PM10-Reduktion durch Niederschlagsereignisse geringer. Der Baustelleneinfluss ist allerdings auch in den Sommermonaten, trotz der besseren Ausbreitungsbedingungen, deutlich zu erkennen. Die Stationen Fritzens und Baumkirchen heben sich auch in diesem Zeitraum von den beiden übrigen Stationen ab. Ausgehend von diesem, im Sommer generell geringeren, Konzentrationsniveau beträgt die Reduktion im Schnitt zwischen 5 und 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 30 bis 32% der Ausgangskonzentration). In Abbildung 3.1.2 b ist wie in den Abbildungen zuvor, der starke Baustelleneinfluss zu erkennen. Die Absolute PM10-Reduktion beträgt in Fritzens und Baumkirchen 11.6 und 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ca. 30 bis 35%). An den beiden anderen (unbeeinflussten) Stationen ist das Ausgangsniveau nach wie vor sehr niedrig und dadurch auch die Reduktion deutlich schwächer. Ähnlich wie in Abbildung 3.1.1 b ist auch im Sommer (vor allem in Fritzens) unter Baustelleneinfluss der rasche Anstieg der PM10 Konzentration nach dem Niederschlagsereignis zu erkennen. Der Anstieg und das Verhalten der PM10 Konzentration nach einem Niederschlagsereignis wird in Punkt 4 nochmals genauer beschrieben.



NS \geq 1 mm/Tag in Hall

Sommer

1: Trockenperiode

2: Regenperiode

3: 1. Tag nach NS-Periode

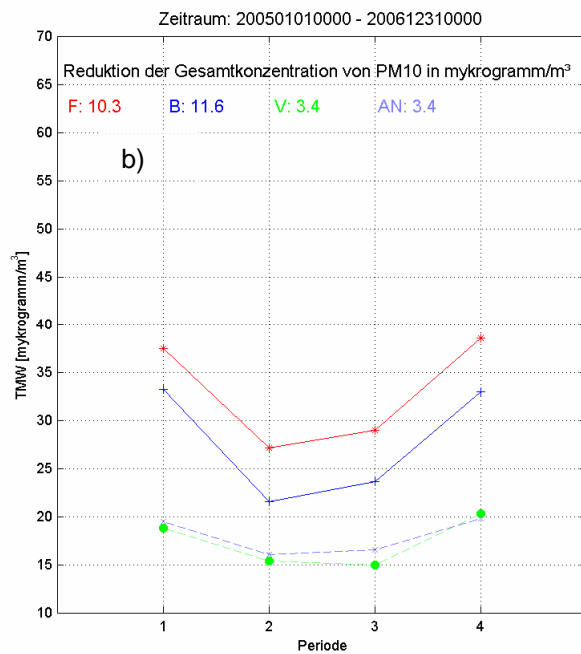
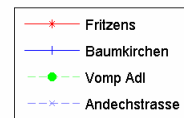
4: 2. Tag nach NS-Periode

keine Bauarbeiten

NS-P (Tage) = 2

NS/P (mm) = 6.2

max NS-P (Tage) = 8



NS \geq 1 mm/Tag in Hall

Sommer

1: Trockenperiode

2: Regenperiode

3: 1. Tag nach NS-Periode

4: 2. Tag nach NS-Periode

Bauphase

NS-P (Tage) = 2

NS/P (mm) = 8.8

max NS-P (Tage) = 6



Bild 3.1.2: PM10 – Konzentration in Abhängigkeit von Niederschlagsperioden während der Sommermonate (MJJA) für den Zeitraum ohne Baustellenbetrieb a und mit Baustellenbetrieb b.

3.2 PM10-Reduktion durch Niederschlag

Im vorigen Abschnitt 3.2 wurde speziell die PM10 Reduktion an den beiden bautellenbeeinflussten Messstellen während verschiedener Jahreszeiten dargestellt.

Die Feinstaubreduktion durch Regen oder Niederschlag ergibt sich zum einen aus dem Effekt, dass durch die gleichmäßige Befeuchtung der Fahrwege bzw. der gesamten Bodenoberfläche die Aufwirbelung durch Fahrbewegungen, Materialumschlag und dergleichen stark unterbunden wird. Weiters bewirkt der Niederschlag ein Auswaschen der Grenzschicht. Feinstaubpartikel werden gewissermaßen zur Deposition gezwungen. Der weitaus größte Reduktionseffekt ergibt sich allerdings daraus, dass Niederschlagsereignisse meist in Zusammenhang mit Frontdurchgängen und einem mesoskaligem Luftmassenaustausch stehen. Die „alte“ belastete Luftmasse wird aufgrund einer Störung (Kalt-Warmfront) durch eine „neue“ Luftmasse ersetzt. Dieser Effekt ist vor allem im Winter, nach längeren stabilen Hochdrucklagen, von Bedeutung (Schnitzhofer 2005).

Im Frühling, Sommer und Herbst sind meist konvektive, lokale Niederschlagsereignisse, welche oft nicht unmittelbar mit einem Luftmassenwechsel zusammenhängen, von maßgeblicher Bedeutung. In diesen Monaten herrschen bessere turbulente Austauschbedingungen als in den stabilen Wintermonaten. Dort kann sich das Befeuchten der Oberfläche wesentlich stärker auswirken, da die Oberflächenbefeuchtung je nach Niederschlagsmenge und Witterungssituation die Feinstaubemission auch ein oder zwei Tage nach dem Niederschlagsereignis noch dämpft. Im Durchschnitt ergibt sich allerdings, dass am zweiten Tag nach dem Niederschlagsereignis die PM10 Konzentration ein ähnliches Niveau erreicht wie in der trockenen Phase. Dieser Effekt kann sowohl bei den baustellenbeeinflussten Stationen als auch bei den nicht baustellenbeeinflussten Stationen beobachtet werden.

In den Tabellen 3.2.1 und 3.2.2 sind die Reduktionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, welche sich durch Niederschlagsereignisse ergeben, zusammengefasst.

In dieser Arbeit wurde keine Rücksicht auf die Art und Ursache eines Niederschlagsereignisses gelegt, sondern nur die generelle Reduktionssituation betrachtet.

| ohne Bautätigkeit | | | | |
|--|----------|-------------|------------|------------|
| Gesamtreduktion in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | Fritzens | Baumkirchen | Vomp a.d.L | Andechstr. |
| Frühling/Herbst | 9.7 | 9.7 | 8.0 | 8.7 |
| Sommer | 8.8 | 8.6 | 6.6 | 5.4 |
| Gesamtes Jahr | 13.3 | 13.6 | 11.6 | 16.0 |

Tab. 3.2.1: Gesamtreduktion der PM10 Konzentration durch Niederschlag ≥ 1 mm/Tag an der Messstation Hall, für die Jahre 2003 und 2004.

| Gesamtreaktion in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | mit Bautätigkeit | | ohne Bautätigkeit | |
|---|------------------|-------------|-------------------|------------|
| | Fritzens | Baumkirchen | Vomp a.d.L | Andechstr. |
| Frühling/Herbst | 21.2 | 13.9 | 9.6 | 8.0 |
| Sommer | 10.3 | 11.6 | 3.4 | 3.4 |
| Gesamtes Jahr | 16.7 | 12.3 | 8.0 | 12.1 |

Tab. 3.2.2: Gesamtreaktion der PM10 Konzentration durch Niederschlag ≥ 1 mm/Tag an der Messstation Hall, für die Jahre 2005 und 2006.

Dem aufmerksamen Leser ist nicht entgangen, dass in Tabelle 3.2.2 in Vomp a.d.L. und an der Station Andechstraße im Sommer die Reduktion viel geringer ist als in Tabelle 3.2.1 in den beiden Jahren zuvor. Der Grund dafür ist der extrem trockene Sommer 2003. Während der Trockenperioden (Bild 3.1.2 a) ist die Grundbelastung an diesen Stationen deutlich höher als in den beiden darauf folgenden Jahren (Bild 3.1.2 b). Durch Niederschlagsereignisse wird allerdings in PM10-Konzentration auf das selbe Niveau reduziert wie in den feuchteren Jahren 2005 und 2006 (vergl. Bild 3.1.2 a u. Bild 3.1.2 b).

Die Gesamtreaktion in Bezug auf die Maximalkonzentration während der Trockenperioden beläuft sich im Schnitt bei den beiden baustellenbeeinflussten Stationen Fritzens und Baumkirchen auf ca. 30 bis 45 % des Ausgangsniveau.

In Zusammenschau mit der Referenzstation Vomp a. d. L. kann im Mittel über die Jahre mit Baustellaktivität eine relative Reduktion der PM10-Konzentration an den Stationen Fritzens und Baumkirchen ermittelt werden (siehe Tabelle 3.2.3). Die relative Reduktion ist ein Maß, um wie viel Prozent sich die Feinstaubkonzentration an den baustellenbeeinflussten Stationen durch Niederschlagsereignisse reduziert. Die relative Reduktion ergibt sich aus der Differenz zwischen den baustellenbeeinflussten Stationen und der Referenzstation Vomp a.d. Leiten zum einen während trockener Perioden (1) und zum anderen während der Niederschlagsperioden (2) – siehe Bild 3.2.1..

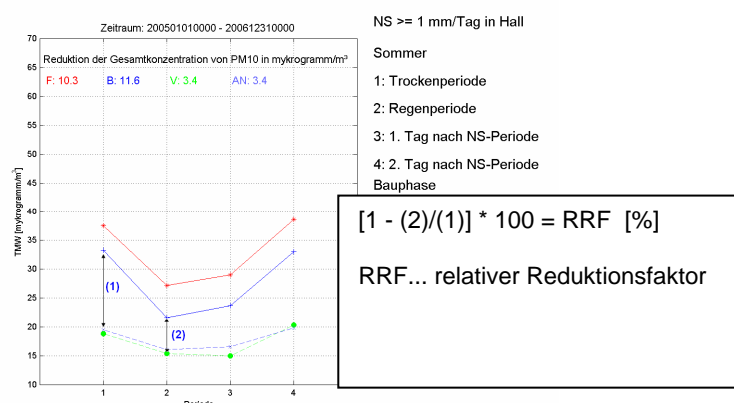


Bild 3.2.1: Relativer Reduktionsfaktor am Beispiel Baumkirchen bezogen auf die Referenzstation Vomp an der Leiten.

| Relative Reduktion in % | Fritzens | Baumkirchen |
|----------------------------|----------|-------------|
| Frühling/Herbst | 40 | 56 |
| Sommer | 37 | 57 |
| Gesamtes Jahr | 44 | 61 |

Tab. 3.2.3: Relative Reduktion durch Niederschlag an den baustellenbeeinflussten Stationen Fritzens und Baumkirchen in Bezug zur Referenzstation Vomp a.d.L.. In der Angabe Gesamtes Jahr sind auch die Wintermonate enthalten.

Über das Gesamte Jahr betrachtet liegt die relative Reduktion in Baumkirchen bei ca. 60 % und 44 % in Fritzens. An der Messstation in Fritzens ist allerdings zu beachten, dass diese Messstelle neben den Baustellenemissionen auch zusätzlichen Emissionen aufgrund des in nächster Nähe liegenden Betriebsareals ausgesetzt ist. Berücksichtigt man den Effekt, dass in Fritzens auch bei Regentagen ohne Baustellenbetrieb die Grundbelastung um ca. 5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höher liegt als an den übrigen Stationen, so erreicht man dort im Sommer, Frühling und Herbst ebenfalls eine relative Reduktion von ca. 60 %, über das gesamte Jahr sogar ca. 70 %.

4 Welchen Effekt kann das Befeuchten auf Betriebs- und Baustellenarealen auf die PM10- Emission haben?

In Punkt 3 ergibt sich aufgrund der Auswertung der Daten bei Niederschlagsereignissen eine relative Reduktion der PM10 Gesamtkonzentration von 44 und 60 % an den stark belasteten Baustellenstationen Fritzens und Baumkirchen. Um den Effekt des Befeuchtens der Fahrwege und des Materialumschlages rechnerisch ermitteln zu können, ist es notwendig, die Emissionsquellen zu kennen. Um ein Maß zu erhalten, wie stark sich das Befeuchten auf die Feinstaubemission auswirkt ist es zielführender, die Dämpfung bzw. den Anstieg der Feinstaubkonzentration nach einem Niederschlagsereignis heran zu ziehen.

Im Artikel „Abschätzung diffuser Staubemissionen einer Großbaustelle“ (Kuntner 2009) ist der Emissionsanteil der Fahrwege und der Emissionsanteil des Materialumschlages der BEG Baustelle in Baumkirchen ermittelt. Daraus ergibt sich, dass ca. 60 % der Emissionen durch Fahrwege und Fahrbewegungen generiert wird. In Fritzens konnten die Emissionsquellen nicht genau rekonstruiert werden. Aufgrund der Lage dieser Messstation direkt neben der Gemeindestraße kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil (ca. 90 %) der Immission aus Wiederaufwirbelung bzw. aus Emissionen durch Fahrbewegungen auf der Gemeindestraße stammen.

In Tabelle 4.1 ist der Anstieg der PM10-Konzentration nach dem ersten und nach dem zweiten Tag nach einem Niederschlagsereignis in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt.

| PM10 Anstieg nach NS-Ereignis | | | | |
|-------------------------------|-------------|--------|----------|--------|
| [µg/m³] | Baumkirchen | | Fritzens | |
| | 1. Tag | 2. Tag | 1. Tag | 2. Tag |
| Frühling/Herbst | 3.2 | 9.8 | 3.3 | 13.7 |
| Sommer | 2.0 | 9.0 | 1.8 | 9.2 |
| Gesamtes Jahr | 1.2 | 8.5 | 2.9 | 10.6 |

Tab. 4.1: Anstieg der PM10 – Konzentration nach einem Niederschlagsereignis während der Bauphase.

Am ersten Tag nach dem Niederschlagsereignis ist der PM10 Anstieg an beiden Stationen sehr gedämpft. Die flächendeckende Befeuchtung der Fahrwege und des Materials wirkt sich erwartungsgemäß positiv auf die Feinstaubemission aus. Am zweiten niederschlagsfreien Tag erreicht die PM10-Konzentration während der Bauphase nahezu wieder das Niveau, wie vor dem Niederschlagsereignis. Vergleicht man allerdings die Situation an der Referenzstation Vomp an der Leiten, so erkennt man, dass dort am ersten Tag nach einem Niederschlagsereignis im Durchschnitt ebenfalls kein Anstieg der PM10 Konzentration zu beobachten ist. Ähnlich ist die Situation auch bei den Stationen Fritzens und Baumkirchen, bevor die Bauarbeiten begonnen haben. Dies lässt darauf schließen, dass der Anstieg in Fritzens und Baumkirchen am ersten niederschlagfreien Tag unweigerlich mit der Baustellentätigkeit in Zusammenhang stehen muss. Trotz flächendeckender Befeuchtung der Fahrwege und des Materials, wie es nach einem durchschnittlichen zweitägigen Niederschlagsereignis mit ca. 3 mm/Tag zu erwarten ist, ist ein Anstieg der PM10-Konzentration zu beobachten. Diese Beobachtung zeigt, dass trotz flächendeckender Befeuchtung die Feinstaubemission auf einer Baustelle nicht zu 100% unterbunden werden kann. Der PM10 Anstieg nach dem ersten Tag des Niederschlagsereignis entsteht also durch jene Emission, die trotz „Befeuchten“ entsteht. Beim PM10 Anstieg am zweiten Tag nach dem Niederschlagsereignis wird angenommen, dass dieser Anstieg durch die Emission ohne Befeuchtung (Straßen und Material sind weitgehend schon wieder trocken) verursacht wird. Werden diese Annahmen zugrunde gelegt, ergeben sich die in Tabelle 4.2 angeführten relativen Reduktionsfaktoren für die Gesamtemission welche durch flächendeckendes Befeuchten erzielt werden können.

| Relativer Reduktionsfaktor durch flächendeckendes Befeuchten in [%] | Baumkirchen | Fritzens |
|---|-------------|----------|
| Frühling/Herbst | 67 | 75 |
| Sommer | 77 | 80 |
| Gesamtes Jahr | 85 | 73 |

Tab. 4.2: Relativer Reduktionsfaktor durch flächendeckendes Befeuchten in Baumkirchen und Fritzens.

Je nach Jahreszeit ergibt sich daraus ein relativer Reduktionsfaktor zwischen 67 und 85 %. Die Gesamtreduktion, die durch alleiniges Befeuchten der Fahrwege erzielt werden kann, ist vom jeweiligen Emissionsanteil, der durch Fahrwege und Fahrbewegungen entsteht, abhängig. In Fritzens ist der Reduktionsfaktor deutlich höher als in Baumkirchen, da in Fritzens der Emissionsanteil aus Straßen höher ist als in Baumkirchen (ausgenommen „Gesamtes Jahr“). In Baumkirchen würde sich

aufgrund dieser Überlegung ein mittlerer Reduktionsfaktor der Gesamtemission durch Befeuchten der Fahrwege (Emissionsanteil der Fahrwege ca. 60 %) von ca. 45 % ergeben.

Trifft man die Annahme, dass die gesamte Emission nur durch Fahrwege und Fahrbewegungen erzeugt wird, so würden die in Tabelle 4.2 angeführten Werte, als Gesamtreduktionsfaktoren gelten. Für diese Annahme kann ein Vergleich mit den Werten wie sie in der Technischen Grundlage angeführt sind angestellt werden. Gemäß Technischer Grundlage (BWMA 1999) und Günther (1980) kann durch Befeuchten von unbefestigten Fahrwegen eine Emissionsminderung von höchstens 60 % erreicht werden. Laut Buonicore wird allgemein und vereinfacht angegeben, dass bei einem Feuchtigkeitsgehalt der Oberfläche von ca. 3.5 % eine Staubminderung von knapp 75 % erzielt werden kann (Buonicore 1992). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine flächendeckende Befeuchtung, wie sie durch natürlichen Niederschlag entsteht, in der Praxis nicht zu bewerkstelligen sein wird. Vor allem deswegen, da das Befeuchten von vielen verschiedenen Faktoren, wie der Anzahl der Fahrbewegungen, Fahrzeuggewicht, Fahrbahnbelag, Bodenbeschaffenheit, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit und beispielsweise der Bodenfeuchte abhängig ist. In Buonicore (1992) ist zudem ein empirisches Modell angeführt, welches diese Parameter weitgehend berücksichtigt. Damit kann ein Reduktionsfaktor für bestimmte Befeuchtungs- und Betriebsbedingungen berechnet werden. In dieses empirische Modell fließt die Verdunstungsrate, die Wassermenge, der Befeuchtungszyklus und die Fahrbewegungen ein.

5 Schlussfolgerung und Diskussion

Die Reduktion der PM10 Konzentration durch Niederschlagsereignisse hat verschiedene Ursachen. Zum einen wird der Feinstaub ausgewaschen und durch die Oberflächenbefeuchtung am Boden gebunden, zum anderen erfolgt die PM10 Reduktion durch einen Luftmassenaustausch, welcher oftmals mit Niederschlagsereignissen verbunden ist. An den baustellenbeeinflussten Stationen Fritzens und Baumkirchen beträgt die relative Reduktion der Feinstaubkonzentration durch Niederschlagsereignisse ca. 40 bis 60 %. Diese relative Reduktion ist stark von der Jahreszeit und von der Höhe der momentanen Vorbelastung abhängig. Auffallend ist, dass bei den stark belasteten Stationen Fritzens und Baumkirchen, relativ zur Referenzstation Vomp an der Leiten, nicht das selbe PM10 Konzentrationsniveau erreicht wird, wie in der Phase zuvor ohne Baustelleneinfluss. Diese Ergebnisse zeigen, dass trotz Niederschlag und zwangsläufiger Befeuchtung eine Feinstaubemission durch die Bauarbeiten entsteht. Im Vergleich dazu ergibt sich nach US-EPA – AP 42 (11/06) ab einer Niederschlagsmenge von 0.2 mm pro Tag ein Reduktionsfaktor von 100 %. Diese Angabe widerspricht sich mit den Ergebnissen dieser Untersuchung. Eine wesentliche Rolle spielt dabei sicherlich die Tageszeit in der der Niederschlag fällt. Bei Niederschlagsmengen zwischen 0.2 und 1 mm pro Tag welche beispielsweise außerhalb der Betriebszeit fallen, kann an einem mit Niederschlag klassifizierten Tag trotzdem eine PM10 Emission durch rasches auf Trocknen, aufgrund starker Sonneneinstrahlung und Verdunstung bzw. entsprechend hohen Fahrfrequenzen, entstehen.

Bei der Frage, welchen Effekt das Befeuchten von Fahrwegen und Materialumschlagplätzen auf Baustellen bewirkt, ergibt sich anhand dieser Untersuchung, dass eine 100%ige Reduktion der Feinstaubemission durch Befeuchtungsmaßnahmen nicht erzielt werden kann. Dies geht auch aus den verschiedenen Kontroll- und Reduktionsfaktoren welche in Buonicore (1992) ermittelt und angeführt sind hervor. Ein gewisser Anteil an diffusen Emissionen welche nicht kontrolliert werden können bleibt immer erhalten. Der Reduktionseffekt, liegt im Schnitt bei ca. 70 – 80 %. In der Praxis ist zu erwarten, dass aufgrund der Komplexibilität und der vielen verschiedenen Parameter welche bei

einer perfekten Befeuchtung zu berücksichtigen sind, diese Werte noch etwas niedriger anzusetzen sind. Die Gesamtreduktion welche sich durch alleiniges Befeuchten der Fahrwege ergibt, hängt vor allem von der Emissionsfracht ab, welche durch Fahrbewegungen entsteht und muss von Situation zu Situation eigens beurteilt werden. Um genauere und weitere Ergebnissen zu erhalten, müsste beispielsweise der Auftrocknungseffekt durch Fahrbewegungen unter verschiedenen Bedingungen untersucht werden. Um letztlich einen generellen Reduktionsfaktor für Befeuchtungsmaßnahmen zu ermitteln, sind weitere Arbeiten und Untersuchungen nötig. Diese Arbeit kann nur ein kleiner Baustein zu diesem großen Thema sein.

6 Literatur

BUONICORE A.J., Wayne T (1992): Air Pollution Engineering Manual, Van Nostrand Reinhold, New York

BWMA (1999): Ermittlung von diffusen Staubemissionen und Beurteilung der Staubimmissionen

GÜTHNER Gerhard, (1980): Minderung diffuser Staubemissionen stationärer Anlagen, Umwelt 2/80, 261 - 266

KOLLMANN J. (2009): Investigation of mixing height parametrisation in an Alpine valley during winter 2005/06

KUNTER M. (2009): Abschätzung diffuser Staubemissionen einer Großbaustelle

SCHNITZHOFER R.M. (2005): Konzentrationsschwankungen verkehrsbedingter Luftschadstoffe in Verbindung mit täglichen und saisonalen Änderungen der meteorologischen Verhältnisse im Inntal

US-EPA AP42: (Compilation of Air Pollutant Emission Factors, U.S: Environmental Protection Agency)

UMWELTBUNDESAMT (2005): Schwebestaub in Österreich; Fachgrundlagen für eine kohärente österreichische Strategie zur Verminderung der Schwebestaubbelastung. Umweltbundesamt Wien 2005.