

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

KANALMANAGEMENT 2011

Pumpstationen, Mischwasserbehandlung

& Vorstellung des ÖWAV-Regelblattes 42

„Unterirdische Kanalsanierung –

Hauskanäle“

Band 223 - Wien 2011

Inhaltsverzeichnis

Thomas Ertl, Hanns Plihal Quo vadis Sanierungsplanung? Ergebnisse der Erhebung bei der KanMan2010	A
Bernhard Schmidlechner Aufbau eines Betriebsführungssystems für Kanalisationsunternehmen	B
Michael Wolf und Thomas Ertl "Eigenleistung oder Fremdvergabe" bei der Kanalreinigung (Ein Beitrag zur Entscheidungsunterstützung)	C
Wolfgang Schitter, Hanns Plihal und Thomas Ertl Auswertung von Betriebsdaten von Abwasser-Pumpstationen	D
Hanns Plihal, Wolfgang Schitter und Thomas Ertl Planerische Aspekte bei dezentralen Abwasser-Pumpstationen	E
Marko Taferner Reinigung und Ortung von Abwasser-Druckleitungen	F
Roland Hohenauer Vorstellung des ÖWAV Regelblattes 42 - Unterirdische Kanalsanierung - Hauskanäle (mit Beispielen aus der Praxis)	G
Bernhard Zit Erfahrungen mit der Inspektion und Vermessung von Hauskanälen	H
Gerald Schöllner und Josef Kitzberger Emissionsbetrachtungen im grabenlosen Leitungsbau - Einsparungsmöglichkeiten gegenüber der offenen Bauweise	I
Rita Vicuínik und Harald Kainz Abschätzung des Feststoffrückhaltes in Mischwasserüberlaufbecken	J
Tahseen Aslam, Harald Kainz und Günter Gruber Description of the Settling Behaviour of Solids in Wastewater	K
Günther Leonhardt, Heiko Kinzel, Stefan Fach, Carolina Engelhard und Wolfgang Rauch Online Ermittlung von Mischwasserentlastungsfrachten mit einer Kombination von Standardmessdaten und Modellierung	L

Emissionsbetrachtungen im grabenlosen Leitungsbau Einsparungsmöglichkeiten gegenüber der offenen Bauweise

Gerald Schöller und Josef Kitzberger

Büro Dr. Lengyel ZT GmbH, 1030 Wien

Kurzfassung: Bei der Errichtung von Leitungen wird nach wie vor zumeist das Verfahren mit dem „niedrigsten Preis“ als die „wirtschaftlichste Lösung“ angesehen, wiewohl mit jeder Baumaßnahme neben den reinen Herstellungskosten weitere direkte und indirekte Auswirkungen verbunden sind. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden mögliche Einsparungen im Hinblick auf die Umwelteinflüsse, den Ressourcenbedarf sowie die Aufwendungen bei grabenlosen Leitungsbauarbeiten im Vergleich zur Errichtung in herkömmlicher, offener Bauweise abgeschätzt. Es hat sich gezeigt, dass durch den Einsatz grabenloser Verfahren Verringerungen von über 90 % in Bezug auf die entstehenden Aushubmengen sowie den Transportverkehr möglich sind. Die Umwelteinflüsse, wie z. B. die Emissionsfrachten von treibhauswirksamen Gasen wie CO₂ oder N₂O (Lachgas) aber auch von Feinstaub können um rund 60 % bis 80 % vermindert werden, der Verfüllmaterialbedarf reduziert sich ebenfalls um über 90 %. Zudem kann die durchschnittliche Bauzeit um rund 60 % verkürzt werden.

Keywords: Grabenlos, Leitungsbau, Umwelteinflüsse, Emissionen, Ressourcenbedarf, wirtschaftlich

1 Allgemeines - Problemstellung

Von wirtschaftlichen Verfahren bei der Errichtung oder Sanierung von Leitungen spricht man nach wie vor zumeist dann, wenn diese niedrige Herstellungskosten aufweisen. Mit jeder Baumaßnahme sind aber auch weitere direkte und indirekte Auswirkungen, wie Schadstoffemissionen, Lärmbelastung oder Verkehrsbehinderungen verbunden. Diese von der Allgemeinheit getragenen „sozialen“ Kosten werden jedoch zumeist - obwohl geeignete

Bewertungsverfahren vorliegen - für die Entscheidungsfindung nur in geringem Umfang berücksichtigt.

In folgender Untersuchung wird auf Umwelteinflüsse sowie einige externe Effekte zur vergleichenden Beurteilung der herkömmlichen, offenen Bauweise von Rohrleitungen und dem grabenlosen Leitungsbau eingegangen.

Insbesondere wird folgenden Fragen nachgegangen:

- o *Welche Umweltauswirkungen (Schadstoffemissionen in die Luft) entstehen beim Bau bzw. der Sanierung von Rohrleitungen?*
- o *Wie hoch ist der Ressourcenbedarf an Rohstoffen (Versorgungsseite) sowie an Deponievolumen (Entsorgungsseite) für diese Baumaßnahmen?*
- o *In welcher Weise wird der Einsatz von Betriebsmitteln (Fahrzeugen, Maschinen,...) sowie die Bauzeit durch das Verfahren beeinflusst?*
- o *Besteht ein Einsparungs- bzw. Vermeidungspotential in Bezug auf die verbrauchten Ressourcen sowie die Umwelteinwirkungen und wie groß ist dieses?*

2 Umwelteinflüsse und externe Effekte infolge von Baumaßnahmen

Neben rein monetären Kosten bedingen Baumaßnahmen eine Vielzahl von direkten und indirekten Auswirkungen wie Schadstoffemissionen, Lärmbelastung oder auch der Flächenbedarf eines Bauwerkes, welche unmittelbar wahrgenommen werden. Die erforderlichen Rohstoffe zur Herstellung, die anfallenden Abfälle bzw. deren Entsorgung, eine eventuelle Beeinflussung des Grundwassers oder Schädigungen an Pflanzen stellen weitere Faktoren dar, die in einer gesamtheitlichen Betrachtung einer Baumaßnahme nicht außer Acht gelassen werden sollten (dürfen).

Schlussendlich verursachen all diese „Nebeneffekte“ mitunter erhebliche Begleitkosten, z. B. infolge von Gesundheits- oder Umweltschädigungen oder der Beeinflussung wirtschaftlicher Abläufe (vgl. Bayer, 2008). Eine derartige

Möglichkeit der Berücksichtigung externer Effekte bietet die „Ökonomische Bewertung von Umweltschäden - Methodenkonvention zur Schätzung externer Kosten“ des Umweltbundesamtes (2007).

In den folgenden Abschnitten wird auf Umwelteinflüsse sowie einige externe Effekte zur vergleichenden Beurteilung der herkömmlichen offenen Bauweise und der grabenlosen Rehabilitation näher eingegangen.

1. Parameter zur Beschreibung der Umwelteinflüsse:

- o Treibhauswirksame Gase (Kohlendioxid CO₂, Distickstoffoxid N₂O)
- o Kohlenmonoxid CO
- o Stickoxide NO_x
- o Partikel (Feinstaub PM10, Dieseleruss)

2. Ressourcenbedarf:

- o Verfüllmaterialverbrauch
- o Deponievolumen

3. Zeitaufwand (Bauzeit)

4. Lärmbelastung

3 Parameter zur Beschreibung der Umwelteinflüsse

Schadstoffemissionen infolge des Einsatzes von Maschinen und Fahrzeugen sind bei der Durchführung von Baumaßnahmen unvermeidlich. Sie können über die erforderlichen Einsatz(Betriebs)stunden oder die durchgeführten Transportfahrten zur Ver- und Entsorgung unmittelbar mit der Errichtung eines Bauwerkes in Verbindung gebracht werden.

Für den Vergleich von offener Bauweise mit grabenlosen Verfahren hinsichtlich der Umwelteinflüsse wurden die Schadstofffrachten der gesetzlich reglementierten Abgasparameter Kohlenmonoxid CO, Stickoxide NO_x und Partikel für Kraftfahrzeuge herangezogen und mit einer Abschätzung der treibhauswirksamen Emissionen von Kohlendioxid CO₂ und Distickstoffoxid N₂O ergänzt.

Die zur Berechnung der Schadstofffrachten verwendeten Emissionsfaktoren aus dem Betrieb von für Kraftfahrzeuge (schwere Nutzfahrzeuge und „off-road“-Fahrzeuge) sowie infolge des Umschlags staubiger Güter entstammen

- o dem „Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in Österreich (HBEFA). Version 2.1“,
- o dem Bericht BE-254 „Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur“ (Wiesner & Kurzweil, 2004)
- o Hausberger et al. (2003) im Bericht BE-223 “Emission Functions for Heavy Duty Vehicles“,
- o dem KVP-Leitfaden – „Leitfaden zur Durchführung der Klimaverträglichkeitsprüfung von Regelungsvorhaben“ (Bundeskanzleramt-Verfassungsdienst, 2008),
- o Keller & Zbinden (2004) in der Schriftenreihe Umwelt Nr. 355 „Luftschadstoff-Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2030“, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL
- o sowie den Abschätzungen von Pregger (2006) in „Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland“ (Dissertation)

und wurden teilweise durch eigene Abschätzungen ergänzt.

3.1 Treibhauswirksame Gase

3.1.1 Schadstoffaspekt

Gemäß der UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen) bzw. IPCC - Intergovernmental Panel for Climate Change 1995(IPCC) – Second Assessment Report (TAR), Climate Change, 1996 werden folgende klimawirksamen Gase genannt:

- o **Kohlendioxid (CO₂)** – *wird in dieser Studie betrachtet*
- o Methan (CH₄)
- o **Distickstoffoxid (N₂O)** – *wird in dieser Studie betrachtet*
- o teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FCKW)
- o perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW / PFC);
- o Schwefelhexafluorid (SF₆)

Der Methanausstoß infolge des Verkehrs ist nur für Fahrzeuge mit Gasmotoren relevant und wird daher nicht weiter betrachtet.

Die oben genannten Gase besitzen unterschiedliches Treibhauspotential, sind also unterschiedlich „klimawirksam“. Die Summe aller Treibhausgasemissionen kann in CO₂-Äquivalenten angegeben werden.

3.1.2 Emissionsfaktoren Kohlendioxid CO₂

Der CO₂-Ausstoß für schwere Nutzfahrzeuge (LKW > 3,5 t) wird im HBEFA (online-Abfrage 07.12.2009, <http://www.hbefa.net/Tools/DE/MainSite.asp>) mit 703 g/Fz-km für das Jahr 2005 angegeben.

Laut KVP-Leitfaden (Bundeskanzleramt-Verfassungsdienst, 2008) beträgt die gesamte CO₂-Emission eines „Durchschnitts-LKW“ (Beladung 8,3 t) 2006 105,4 g/tkm, für den durchschnittlichen Sattelschlepper (Beladung 13,1 t) 83,5 g/tkm und für den durchschnittlichen LKW > 14 t (Beladung 3,4 t) 267,3 g/tkm. Damit ergeben sich gesamte CO₂-Emissionen von rund 875 bis 1.094 g/Fahrzeug-km.

Für die vorliegende Berechnung wird die durchschnittliche Beladung eines LKW mit 12 t angenommen, was etwa der Beladung eines Sattelschleppers (siehe oben) entspricht. Die spezifischen CO₂-Emissionen betragen somit rund 1.000 g/Fahrzeug-km.

Zur Abschätzung der Emissionen aus dem Baustellentransport wird als Mittelwert ein **CO₂-Emissionsfaktor von EF_{TR,CO₂} = 850 g/Fz-km** angesetzt.

Der CO₂-Ausstoß von Baumaschinen wird über den Treibstoffverbrauch abgeschätzt, für einen Dieselmotor ergibt sich ein **CO₂-Emissionsfaktor von EF_{BM,CO₂} = 2.630 g/l_{Kraftstoff}** entsprechend der chemischen Zusammensetzung.

3.1.3 Emissionsfaktoren Distickstoffoxid N₂O (Lachgas)

Keller & Zbinden (2004) geben für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) einen **Emissionsfaktor von $EF_{TR,N_2O} = 0,009 \text{ g/Fz-km}$** für das Jahr 2005 an.

Der Emissionsfaktor für Lachgas N₂O eines „durchschnittlichen“ Baufahrzeuges mit einer Leistung von 80 kW ergibt sich als **$EF_{BM,N_2O} = 18 \text{ g/h}$** .

3.2 Kohlenmonoxid CO

3.2.1 Schadstoffaspekt

Als Luftschadstoff ist CO vor allem aufgrund der humantoxischen Wirkung (Beeinträchtigung der Sauerstoffaufnahmekapazität des Hämoglobins) von Bedeutung. CO spielt aber auch bei der photochemischen Bildung von bodennahem Ozon im globalen und kontinentalen Maßstab eine bedeutende Rolle (Vogel et al, 2004).

3.2.2 Emissionsfaktoren CO

Laut HBEFA betragen die Kohlenmonoxidemissionen **für LKW $EF_{TR,CO} = 1,45 \text{ g/Fz-km}$** für das Jahr 2005, dieser Emissionsfaktor wird für die Berechnung übernommen.

Mit den Daten von Wiesner & Kurzweil, A. (2004) wird der CO-Emissionsfaktor für „off-road“-Fahrzeuge zu **$EF_{BM,CO} = 380 \text{ g/h}$** ermittelt.

3.3 Stickoxide NO_x

3.3.1 Schadstoffaspekt

NO₂ sowie aus Stickoxiden sekundär gebildete Partikel als Bestandteile der Feinstaubbelastung sind mögliche Ursachen für Atemwegserkrankungen. Zudem verstärkt NO₂ die Reizwirkung von Allergenen.

Für Pflanzen können Stickoxide einerseits direkte toxische Wirkung haben bzw. andererseits unerwünschte Düngeneffekte erzielen. Aufgrund ihrer versauernden Wirkung (Böden, Gewässer) stellen sie eine Gefährdung für empfindliche Ökosysteme dar.

Stickoxide sind überdies Vorläufersubstanzen von Ozon und Sommersmog und fördern die Bildung saurer Niederschläge, wodurch Schäden an Bauwerken und Materialien zumindest begünstigt werden können (Frischknecht et al., 2008, BAFU, 2006).

3.3.2 Emissionsfaktoren NO_x

Die HBEFA-Abfrage ergibt einen NO_x -Emissionswert von 7,352 g/km für SNF, in Hausberger et al. (2003) werden die NO_x -Emissionen in Abhängigkeit von der mittleren Fahrgeschwindigkeit mit rund 10 mg/km bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h angegeben.

Zur Abschätzung der Stickoxid-Emissionen durch den Transport wird ein mittlerer **Emissionsfaktor von $\text{EF}_{\text{TR},\text{NO}_x} = 8,5 \text{ g/Fz-km}$** verwendet.

Der NO_x -Emissionsfaktor für „off-road“-Fahrzeuge wird auf Basis der Daten von Wiesner & Kurzweil, A. (2004) mit **$\text{EF}_{\text{BM},\text{NO}_x} = 740 \text{ g/h}$** berechnet.

3.4 Kohlenwasserstoffe HC

3.4.1 Schadstoffaspekt

Die Kohlenwasserstoffe sind zusammen mit den Stickoxiden und Kohlenmonoxid an der Bildung von Ozon und Oxidantien in der Atmosphäre beteiligt, und werden unter dem Begriff „Ozonvorläufersubstanzen“ zusammengefasst (Sturm, 2008).

Die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC; volatile organic compounds) umfassen ein Spektrum von untoxischen bis zu hochtoxischen und krebserregenden Verbindungen (Frischknecht et al., 2008).

3.4.2 Emissionsfaktoren HC

Laut HBEFA betragen die Kohlenwasserstoffemissionen für LKW 0,432 g/km, in Hausberger et al. (2003) werden HC-Emissionen in der Höhe von etwa 0,7 g/km bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h angegeben.

Die Kohlenwasserstoffemission aus dem Transportverkehr wurden demgemäß mit einem **Emissionsfaktor von $\text{EF}_{\text{TR},\text{HC}} = 0,5 \text{ g/Fz-km}$** ermittelt.

Aus den Daten des Wiesner & Kurzweil, A. (2004) lässt sich ein **Emissionsfaktor $EF_{\text{BM,HC}} = 160 \text{ g/h}$** für Kohlenwasserstoff-Emissionen von „offroad“-Fahrzeugen errechnen.

3.5 Partikel

Partikel (engl. particulate matter – PM) sind ein physikalisch-chemisch komplexes Gemisch. Sie bestehen unter anderem aus Russ, geologischem Material, Schwermetallen, Abriebpartikeln, biologischem Material (z.B. Sporen) sowie aus Partikeln, die erst sekundär in der Luft gebildet werden (Sulfat, Nitrat, Ammonium, organischem Kohlenstoff) (BUWAL, 2001c in Frischknecht et al., 2008).

3.5.1 Schadstoffaspekt

Die Schädlichkeit der Partikel hängt einerseits von ihrer Größe und andererseits von ihrer Zusammensetzung ab.

Man unterscheidet 3 Größenbereiche:

- o ultrafeine Partikel (aerodynamischer Partikeldurchmesser $< 0,1 \mu\text{m}$),
- o den Akkumulationsmodus ($0,1\text{-}1 \mu\text{m}$) und
- o grobe Partikel ($>2,5 \mu\text{m}$).

Die Größenklasse unter $2,5 \mu\text{m}$ wird als feine Partikel bezeichnet. Während die ultrafeinen Partikel nur einen sehr geringen Teil der Partikelmasse ausmachen, sind sie die weitaus häufigsten Teilchen in der Atmosphäre. Die groben Partikel können wesentlich zur Partikelmasse beitragen, ihre Anzahl ist im Vergleich zu den feinen Partikeln jedoch sehr gering (BAFU, 2006).

Unter **Feinstaub PM10** versteht man alle Partikel von höchstens 10 Mikrometern (μm), das heißt 0,01 Millimetern Durchmesser.

Epidemiologische Studien zeigen, dass die Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer (PM10) stark mit den beobachteten gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung auf den Menschen korreliert sind. PM10 sind diejenigen Partikel, welche über den Kehlkopf hinaus in die Lunge gelangen können (Frischknecht et al., 2008).

Gemäß neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist das Gefährdungspotential der verschiedenen Aerosole unterschiedlich groß. Als kanzerogen und besonders gesundheitsgefährdend gelten heute vor allem die sogenannten **Dieselerussmissionen** – definiert als elementarer Kohlenstoff (EC) (Jenk, 2005 in Frischknecht et al., 2008).

Die „grobe“ Fraktion der Schwebestaubpartikel (PM_{2.5-10}) ist stärker mit Husten, Asthmaanfällen und anderen Erkrankungen der Atemwege assoziiert. Diese größeren Aerosole können aus der Lunge herausgehustet werden. Die feinen Anteile (PM_{2.5}) korrelieren eher mit Herzrhythmusstörungen und dem Anstieg von Herz-Kreislauf- Erkrankungen. Diese feinen Partikel verbleiben viel länger in der Lunge und reichern sich dort an, weil sie nur schwer wieder ausgehustet werden. Ultrafeine Partikel (PM_{0.1}) – Dieselerusspartikel sind in dieser Größenordnung – können von der Lunge in die Blutbahn und das Lymphsystem gelangen (BUWAL, 2001 in Frischknecht et al., 2008).

3.5.2 Emissionsfaktoren PM₁₀

Pregger (2006) hat anthropogene Quellen von Partikelemissionen untersucht und die jeweiligen Emissionsfaktoren abgeschätzt. Für die vorliegende Abschätzung der Feinstaub-Emissionen beim Leitungsbau sind vor allem die Quellen „Straßenverkehr“, „sonstige Fahrzeuge und mobile Geräte“ (Baumaschinen etc.) und „Umschlag staubiger Güter“ (Sand/Kies-Bereitstellung und –Transport) relevant.

Im Bereich des Straßenverkehrs entstehen Feinstaubemissionen einerseits durch den Betrieb (Abgase) eines Fahrzeuges und andererseits infolge von Reifen- und Bremsenabrieb. Die dritte (und größte) verkehrsbedingte Emissionsquelle stellt die Aufwirbelung von Straßenstaub dar.

Die Emissionsfaktoren betragen für den Betrieb $EF_{TR,PM,B} = 0,193$ g/km, für Reifen- und Bremsabrieb $EF_{TR,PM,RB} = 0,032$ g/km und für die Aufwirbelung von Straßenstaub $EF_{TR,PM,A} = 0,45$ g/km (verschiedene Autoren in Pregger, 2006). Damit ergibt sich ein gesamter **Emissionsfaktor für PM₁₀-Emissionen des Straßenverkehrs** von **$EF_{TR,PM} = 0,675$ g/Fz-km.**

Die Partikelemissionen beim Einsatz von Baumaschinen werden von Pregger für mechanischen Verschleiß (Schaufelabrieb, Fahrwerkabrieb und

Reifenabrieb) in g je Betriebsstunde sowie für den Betrieb in kg je Tonne Treibstoffverbrauch angegeben. Sie betragen in Summe rund 15 g/h infolge von mechanischem Verschleiß.

Die Feinstaubmenge im Abgas wird von Pregger mit etwa 5,2 kg/t beziffert, Wiesener und Kurzweil (2004) geben basierend auf Hausberger (2000) Emissionsfaktoren für Dieselmotoren von 0,7 g/kWh (> 80 kW) bis 1,05 g/kWh (< 80 kW) an.

Die Feinstaubemissionen durch Motorabgase wurden für eine mittlere Motorleistung von 80 kW bzw. einen Kraftstoffverbrauch von etwa 15 l je Betriebsstunde (Winiwarter et al., 2005) berechnet und betragen 61,5 g/h (auf Basis von Pregger, 2006) bzw. 70 g/h (auf Basis der Daten von Wiesner und Kurzweil, 2004).

Für die Abschätzung der **Feinstaubmengen infolge des Einsatzes von Baumaschinen** wurde somit ein gesamter **Emissionsfaktor von $EF_{BM,PM} = 85 \text{ g/h}$** errechnet.

In Pregger (2006) werden neben mobilen Quellen (Verkehr) auch Produktionsprozesse und sonstige anthropogene Quellen von Feinstaubemissionen behandelt. Dazu zählt die Aufbereitung und der Umschlag staubiger Güter wie etwa Sand und Kies.

Da für die Herstellung in offener Bauweise je Kilometer Leitungslänge knapp 2.000 t an Füll- und Bettungsmaterial erforderlich sind, werden die Emissionen im Zuge der Bereitstellung ebenfalls berücksichtigt. Pregger beziffert die Partikelemissionen für Sand/Kies mit 0,017 kg/t (Aufbereitung) bzw. 0,0175 kg/t (Umschlag), wobei der PM10-Anteil mit 82 % bzw. 35 % geschätzt wird.

Die PM10-Emissionen ergeben sich damit zu 0,014 kg/t (Aufbereitung) bzw. 0,006 kg/t für den Umschlag von Sand/Kies, der gesamte **Emissionsfaktor für die Bereitstellung des Verfüllmaterials beträgt somit $EF_{AU,PM} = 0,020 \text{ kg/t}$** .

3.5.3 Emissionsfaktoren Dieseleruss

Verschiedene Studien weisen einen Dieselerussanteil im Feinstaub von 10 bis 20 Masse-% auf. Für die vorliegende Abschätzung wurde ein mittlerer Anteil von 15 Masse-% bezogen auf die gesamte Partikelmasse (PM10) angesetzt.

3.6 Zusammenfassung der Emissionsfaktoren

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Rechenwerte der Emissionsfaktoren für die Abschätzung der emittierten Luftschadstoffe zusammengefasst.

- o Schwere Nutzfahrzeuge (SNF): in g/km
- o „Off-Road“ (Bau)-Fahrzeuge: in g/h bzw. g/l_{Kraftstoff}
- o Umschlag staubiger Güter: in kg/t

Tabelle 1: Rechenwerte (Emissionsfaktoren EF) für die Abschätzung der emittierten Schadstofffrachten

Transportfahrzeuge	EF_{TR,CO2} [g/km]	EF_{TR,CO} [g/km]	EF_{TR,N2O} [g/km]	EF_{TR,NOx} [g/km]	EF_{TR,HC} [g/km]	EF_{TR,PM} [g/km]	EF_{TR,Russ} ¹⁾ [g/km]
SNF (Schwere Nutzfahrzeuge)	850	1,45	0,0090	8,5	0,50	0,68	0,10
Baumaschinen	EF_{BM,CO2} [g/l _{Kraftstoff}]	EF_{BM,CO} [g/h]	EF_{BM,N2O} [g/h]	EF_{BM,NOx} [g/h]	EF_{BM,HC} [g/h]	EF_{BM,PM} [g/h]	EF_{BM,Russ} ¹⁾ [g/h]
"Off-Road"-Fahrzeuge	2.630	380	18	740	160	85	13
Staubige Güter							EF_{AU,PM} [kg/t]
Aufbereitung von Sand/Kies							0,014
Umschlag von Sand/Kies, Natursteinen							0,006

¹⁾ als Anteil von PM10

4 Ressourcenverbrauch

Baumaßnahmen erfordern den Einsatz verschiedenartiger Ressourcen, sei es der Rohstoffbedarf zur Herstellung des Bauwerkes selbst, der Einsatz von Hilfsstoffen (Treibstoff etc.) oder das erforderliche Volumen bzw. die Fläche zur Ablagerung bzw. Entsorgung der anfallenden Baustellenabfälle.

4.1 Verbrauch an Verfüllmaterial

Der massenmäßig größte Anteil der eingesetzten Rohstoffe im Rohrleitungsbau entfällt auf das Bettungs- und Verfüllmaterial für die Künetten. Für die Abschätzung der Volumina zur Bettung der Rohrleitungen sowie für die Verfüllung der Rohgräben wird vereinfachend ein Sand/Kies-Gemisch über den gesamten Grabenquerschnitt angenommen. Die Volumina für bituminöse Straßendecken werden dabei vernachlässigt.

Der mittlere Bettungs- und Verfüllquerschnitt abzüglich des Rohrquerschnittes beträgt bei Druckleitungen und Freispiegelleitungen kleinerer Dimensionen rund 1 m². Geht man davon aus, dass bei der offenen Bauweise zu 100 % Fremdmaterial eingebaut werden muss, so sind **je Kilometer Rohrleitung rund 1.000 m³** (das entspricht im verdichteten Zustand knapp 2.000 t) **Künettenfüllmaterial** erforderlich.

Der Rohstoffverbrauch bei der grabenlosen Bauweise ist demgegenüber deutlich geringer (< 10%) und beschränkt sich auf die Herstellung und die Verfüllung der Start- und Zielgruben sowie auf die Anbindung der Hausanschlussleitungen.

Bei der Bewertung nach der Methode der ökologischen Knappheit wird unter anderem der Abbau von natürlichem Kies als zunehmend ökologisch knappe Ressource beurteilt.

Grund dafür ist, dass Kies neben seiner Nutzung als Baumaterial ein für den Schutz und die Bildung von Grundwasser wichtiges Material darstellt. Nicht alle physisch vorhandenen Kiesvorkommen sind deshalb abbaubar, die zulässige Landnutzung setzt Grenzen (Frischknecht et al., 2008).

4.2 Deponievolumen

Das Ziel der „nachhaltigen Abfallbewirtschaftung“ ist (ebenfalls) in §1 (1) des AWG 2002 enthalten, wonach „Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, **Deponievolumen**) geschont werden“ sollen (BMLFUW, 2008).

Laut Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 (BMLFUW, 2009) fallen jährlich zwischen 25 und 30 Mio. t an Bodenaushubmaterial und weitere 8 Mio. t an Baurestmassen an. In Summe entspricht dies knapp 60 % des österreichischen

Gesamtabfallaufkommens. Unter diesem Gesichtspunkt ist eine Verminderung der bei Bauarbeiten anfallenden und zu entsorgenden Abfälle wünschenswert.

Bei einem 100 %-igen Austausch des Künettenfüllmaterials fallen analog zum Verfüllmaterial ebenso rund 1.000 m³ an Bodenaushub bzw. Abbruchmaterial an. Bei einer angenommenen Dicke des Straßenbelags von 15 cm entspricht dies rund **100 m³ Asphaltaufbruch** und bituminösem Material sowie etwa **900 m³ Aushubmaterial je Kilometer Rohrleitungslänge** bei offener Bauweise. Zudem müssen im Falle von Sanierungsarbeiten die alten Rohrleitungen entsorgt werden.

Das Abfallaufkommen bei grabenloser Bauweise reduziert sich auf das Aushubmaterial, welches bei der Herstellung der Start- und Zielschächte sowie punktuellen Aufgrabungen für Hausanschlussleitungen anfällt.

5 Zeitaufwand

Die unterschiedliche Bauzeit stellt ein weiteres Kriterium dar, anhand dessen offene Bauweise und grabenloser Rohrleitungsbau verglichen werden können. Einerseits wirkt sich die Bauzeit unmittelbar vor allem auf die Gemeinkosten einer Baustelle aus, andererseits wird durch eine Baustelle zumeist der Verkehr beeinträchtigt und die Umwelt während der Arbeiten belastet.

So wurde der Einfluss von baustellenbedingten Behinderungen des Verkehrsflusses (Einengung der Fahrbahnbreite) in verschiedenen Studien untersucht und die dadurch anfallenden Staukosten quantifiziert (Gangl, 2007, Kolator, 2004).

Aus den im Rahmen dieser Studie ausgewerteten Daten konnte die Bauzeit für die herkömmliche offene Bauweise als auch für die grabenlose Bauweise grob abgeschätzt werden. Zur Ermittlung des Zeitaufwandes sowie des Materialeinsatzes bei Bauarbeiten wurden Kalkulationstabellen von (Olesen, 2006; Plümecke, 2008) herangezogen.

Die Einsparungen bei grabenlosen Verfahren gegenüber der herkömmlichen offenen Bauweise betragen für die untersuchten Baustellen bis zu etwa 70% (bezogen auf die Bauzeit bei offener Bauweise).

Für einen fiktiven **Rohrleitungsbau von 1 Kilometer Länge** wurde eine **Zeitersparnis von rund 60 %** bei Anwendung grabenloser Verfahren gegenüber offener Bauweise ermittelt.

6 Lärmbelastung

Die Lärmbelastung ist unmittelbar mit der Bauzeit bzw. der Einsatzdauer von Maschinen und Geräten sowie dem dadurch beeinflussten Verkehr verknüpft. Es entstehen auch in diesem Fall Vorteile gegenüber der offenen Bauweise, da

- o weniger schwere Fahrzeuge und Geräte eingesetzt werden,
- o diese eine wesentlich kürzere Zeit in Betrieb sind
- o weniger Baustellenverkehr und vor allem Transporte erforderlich sind
- o der „normale“ Straßenverkehr deutlich geringer beeinflusst wird und sich die Stauzeiten und Umleitungsstrecken verkürzen.

7 Emissionsabschätzung

Die emittierten Schadstofffrachten wurden anhand spezifischer Emissionsfaktoren (siehe Tabelle 1) ermittelt.

Die Berechnung erfolgte nach folgender Formel:

$$E_{xy} = EF_{xy} \times A_z \times 10^{-6} \quad \text{in [t]}$$

E_{xy}Emissionsfracht des Schadstoffes xy in [t]

EF_{xy}Emissionsfaktor des Schadstoffes xy in [g/km], [g/h] oder [g/l] (siehe Tabelle 1)

A_zAufwand z in [km] (Transportweg), [h] (Anzahl der Betriebsstunden) oder [l] (Kraftstoffverbrauch) für die Durchführung von Bauarbeiten (vergleiche Kapitel 3)

7.1 Spezifische Massen

Um die Massenbilanzen für beide Herstellungsverfahren erstellen zu können mussten zuerst spezifische Massen je Kilometer Rohrleitung sowohl für die herkömmliche offene Bauweise als auch für grabenlose Verfahren ermittelt w.

Diese Massenbilanzen sind in nachfolgender Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2: Vergleich der spezifischen Massen je km Rohrleitung bei offener Bauweise und grabenloser Verfahren

Verfahren	Transport LKW		Baumaschinen		Deponie/Verfüllmaterial		Bauzeit
	[km/km]	[tkm/km]	[h/km]	[l/km]	[m ³ /km]	[t/km]	[d/km]
grabenlose Verfahren	720	8.600	110	2.200	72	140	28
offene Bauweise	9.800	120.000	240	4.300	980	2.000	69
Einsparung	93%	93%	54%	49%	93%	93%	60%

Der Transportaufwand für die Errichtung einer 1 km langen Rohrleitung in offener Bauweise beläuft sich auf knapp 10.000 km oder mehr als 330 LKW-Fahrten von durchschnittlich 30 km (Hin- und Rückfahrt) zur Entsorgung des Aushubmaterials sowie zur Anlieferung des Verfüllmaterials. Demgegenüber sind bei grabenloser Rehabilitation lediglich 24 LKW-Fahrten erforderlich, was rund 720 km entspricht.

7.2 Emissionsfrachten und Ressourcenbedarf

Mit Hilfe der in Kapitel 3 abgeleiteten Emissionsfaktoren sowie der unter Punkt 7.1 ermittelten spezifischen Massen lassen sich die Schadstofffrachten sowie der Ressourcenverbrauch für den Herstellung von Leitungen mittels grabenloser Verfahren sowie in offener Bauweise abschätzen.

In der folgenden Tabelle 3 sind die berechneten Emissionsfrachten und der Ressourcenbedarf für grabenlose Verfahren und herkömmliche offene Bauweise sowie das Einsparungspotential beispielhaft für die Herstellung von 500 km Rohrleitung, das entspricht etwa dem Rohrleitungsnetz (Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsleitungen) einer Stadt mit rund 50.000 Einwohnern, angeführt.

Tabelle 3: Errechnete Emissionsfrachten, abgeschätzter Ressourcenbedarf sowie Einsparungspotential für die Herstellung von 500 km Rohrleitung

Verfahren	Emissionsfrachten							Ressourcen	
	CO ₂ [t]	CO [t]	N ₂ O [t]	NO _x [t]	HC [t]	PM10 [t]	Russ [t]	Deponie/Verfüllmaterial [m ³]	[kt]
grabenlose Verfahren	3.200	21	1,0	44	9,0	6,3	0,74	36.000	70
offene Bauweise	9.800	53	2,2	130	22	34	2,0	490.000	1.000
Einsparung	67%	59%	55%	66%	58%	81%	64%	93%	93%

8 Zusammenfassung

Der Rohrleitungsbau mittels grabenloser Verfahren ermöglicht Einsparungen im Hinblick auf die eingesetzten Ressourcen (Verfüllmaterial, Baumaschinen) im Vergleich zur offenen Bauweise. Zudem werden bei grabenloser Bauweise mitunter erheblich geringere Mengen an Schadstoffen in die Umwelt emittiert.

Die voran gegangenen Untersuchungen haben gezeigt, dass durch den Einsatz grabenloser Verfahren Einsparungen von über 90 % in Bezug auf den Verfüllmaterialbedarf, die entstehenden Aushubmengen sowie den Transportverkehr möglich sind. Die Emissionsfrachten von treibhauswirksamen Gasen wie CO₂ oder N₂O (Lachgas) können um etwa 60 %, jene von Feinstaub (PM10) um rund 80 % verringert werden (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2).

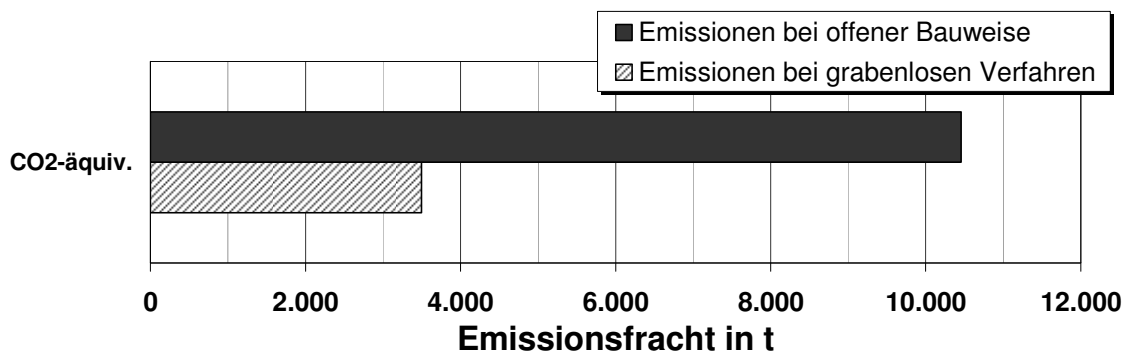


Abbildung 1: Vergleich der Emissionsfrachten von Treibhausgasen (ausgedrückt in CO₂-äquivalent) bei herkömmlicher, offener bzw. grabenloser Bauweise von 500 km Rohrleitungen

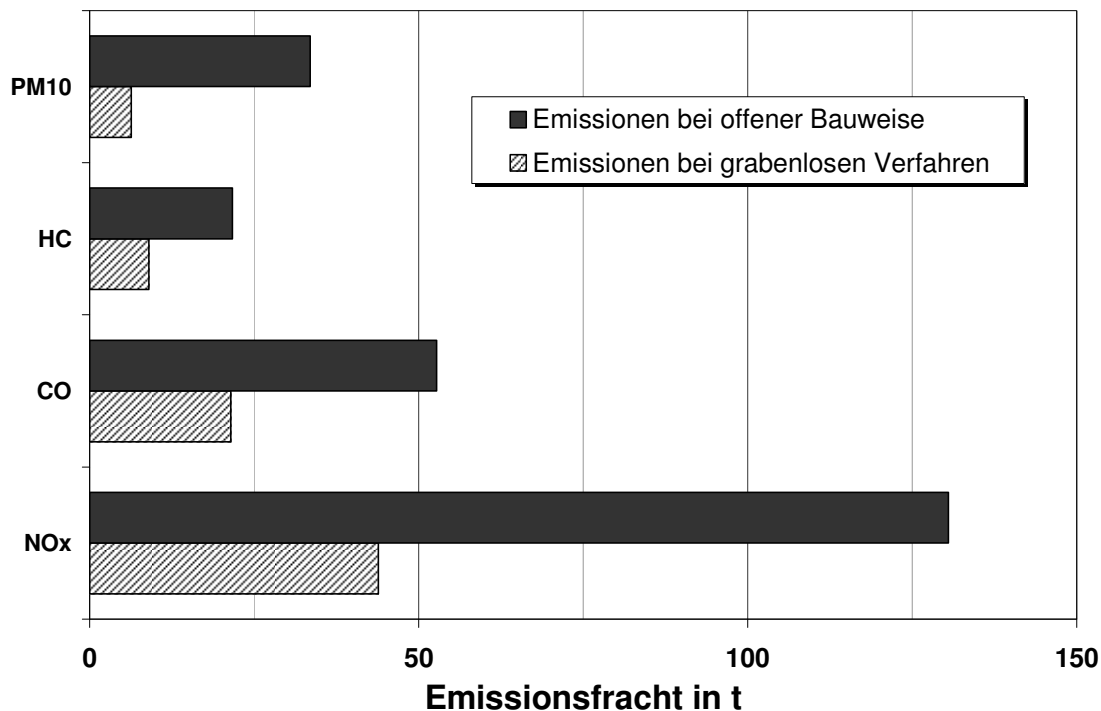


Abbildung 2: Vergleich der Emissionsfrachten von Luftschadstoffen bei herkömmlicher, offener bzw. grabenloser Bauweise von 500 km Rohrleitungen

Als weitere Effekte können die verminderte Belastung der Anrainer durch Baustellenlärm, die geringere Staubentwicklung und Verkehrsbeeinträchtigung sowie der geringe Platzbedarf gegenüber der offenen Bauweise genannt werden

Zudem verkürzt sich die durchschnittliche Bauzeit um rund 60 %, was neben rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch zu einer geringeren Verkehrsbeeinträchtigung führt.

Literatur- und Quellenangaben

- Bayer, H.- J. (2008): Ökonomische und soziale Kosten von offenen und grabenlosen Leitungsbaumaßnahmen. In: Tiefbau, Jg. 119, H. 7, S. 483–488.
BMLFUW (2008): Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft. (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl. I Nr. 102, vom 26.09.2008.
BMLFUW (2009): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2008.

- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hg.) (2006): Feinstaub PM10. Fragen und Antworten zu Eigenschaften, Emissionen, Immissionen, Auswirkungen und Massnahmen. Online verfügbar unter www.bafu.admin.ch, zuletzt aktualisiert am 07.11.2006, zuletzt geprüft am 15.12.2009.
- Bundeskanzleramt-Verfassungsdienst (2008): KVP-Leitfaden. Leitfaden zur Durchführung der Klimaverträglichkeitsprüfung von Regelungsvorhaben. Unter Mitarbeit von Umwelt und Wasserwirtschaft und Umweltbundesamt Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Herausgegeben von Bundeskanzleramt. Online verfügbar unter ww.bka.gv.at, zuletzt geprüft am 15.12.2009.
- Frischknecht, R. Steiner R. Jungbluth N. (2008): Ökobilanzen: Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006. Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen. Öbu SR 28/2008.
- Gangl, G. (2007): Einfluss von Staukosten auf die Erneuerungsplanung städtischer Infrastruktur. Veranstaltung vom 13./14. November 2007. Bad Ischl. Veranstalter: Österreichische Vereinigung für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen ÖGL.
- Hausberger, S. (2003): Update der Emissionsfaktoren für schwere Nutzfahrzeuge nach EURO 3. Erstellt im Auftrag von INFRAS Schweiz. Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH. Graz. (Bericht Nr. FVT-45/03/ Haus Em 6790-30).
- Hausberger, S. et al (2003): Emission Functions for Heavy Duty Vehicles. Update of the Emission Functions for Heavy Duty Vehicles in the Handbook Emission Factors for Road Traffic. Herausgegeben von der Umweltbundesamt GmbH. (BE-223).
- Keller, M. Zbinden R. (2004): Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1980-2030. Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL. Bern. (SRU-355-D).
- Keller., M. Haan P. de (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs 2.1. Dokumentation. Unter Mitarbeit von W. Hausberger S. Steven H. Knörr. INFRAS. Bern/Heidelberg/Graz/Essen.
- Kolator, R. (2004): Soziale Kosten grabenloser Baumethoden. Zur Bewertung und Berücksichtigung externer Kostenkomponenten. Veranstaltung vom 19./20. Oktober 2004. Graz. Veranstalter: Österreichische Vereinigung für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen.
- Olesen, G. (2006): Kalkulation im Bauwesen. 12., Aufl. Berlin: Schiele & Schön.
- Plümecke, K.; Kuhne, V. (2008): Preisermittlung für Bauarbeiten. 26., überarb. Aufl. /. Köln: Müller.
- Pregger, T. (2006): Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland. Dissertation. Betreut von Prof. Dr.-Ing. Rainer Friedrich. Stuttgart. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER).
- Sturm, P. (2008): Umweltauswirkungen des Verkehrs. Teil: Immissionsbelastungen durch Luftschadstoffe. Vorlesung am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz. Online verfügbar unter <http://vkm-thd.tugraz.at/>, zuletzt geprüft am 16.12.2009.

- Umweltbundesamt (Hg.) (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. Dessau. Online verfügbar unter www.umweltbundesamt.de.
- Vogel, W. et al (2004): Umweltsituation in Österreich. Siebenter Umweltkontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat. Herausgegeben von Umweltbundesamt GmbH. Wien.
- Wiesner, M.; Kurzweil, A. (2004): Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur. Stand 2003. Herausgegeben von Umweltbundesamt GmbH. Wien. (BE-254).
- Winiwarter, W.; Schmidt-Stejskal, H.; Windsperger, A. (2007): Aktualisierung und methodische Verbesserung der österreichischen Luftschadstoffinventur für Schwebstaub. Projekt Nr. 1.S2.00118.0.0 im Auftrag des Umweltbundesamt. Austrian Research Centers.

Internet-Quellen

- <http://www.accc.gv.at/klba.htm>
- <http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at/>
- <http://www.grabenlos.at/techniken>
- <http://www.hbefa.net/>
- <http://www.lebensministerium.at/>
- <http://www.umweltbundesamt.at/>
- <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/abfall/statistik.html>
- www.umweltbundesamt.de/verkehr/index.htm

Dipl.-Ing. Gerald Schöller
Dipl.-Ing. Josef Kitzberger
Büro Dr. Lengyel ZT GmbH
Rennweg 46-50
1030 Wien
Tel.: 01/ 79 82 400 -0
Fax.: DW 55
e-mail: g.schoeller@BDL.at
e-mail: j.kitzberger@BDL.at

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Band 223

KANALMANAGEMENT 2011

**Pumpstationen, Mischwasserbehandlung
& Vorstellung des ÖWAV-Regelblattes 42**

**„Unterirdische Kanalsanierung –
Hauskanäle“**

**ÖWAV – Informationsveranstaltung, Wien
2. Februar 2011**

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dipl.Ing. Dr. Raimund Haberl

Priv.-Doz. Dipl.Ing. Dr. Thomas Ertl

Universität für Bodenkultur Wien

**Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft
und Gewässerschutz**