

Fachgespräch „Flugabgase und Ultrafeinstaubbelastung  
am Flughafen BER“

Eichwalde, 27. Januar 2016

# **Luftschadstoffe aus Flugzeug-Triebwerken**

Oswald Rottmann Freising (TUM - Weihenstephan)

**300 000 Flugbewegungen pro Jahr**  
bedeuten für die Umgebung von BER

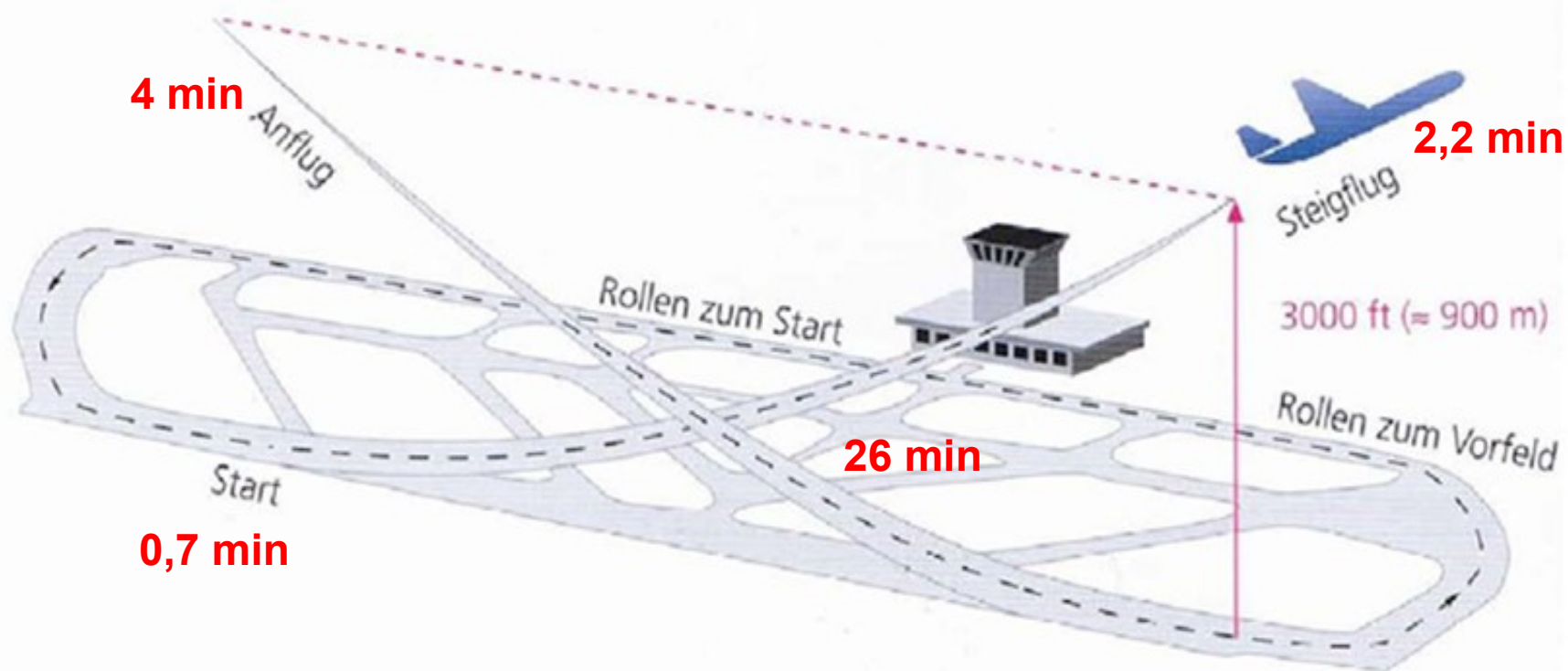
<b>Landungen</b>	<b>411</b>	<b>pro Tag</b>
<b>Starts</b>	<b>411</b>	<b>pro Tag</b>
<b>gesamt</b>	<b>822</b>	<b>pro Tag</b>
<b>oder</b>	<b>fast jede Minute ein Flug</b>	

Bei 16 Stunden Flugbetrieb

# Landung – Start - Zyklus

Landing –Take Off

LTO



# Kerosinverbrennung

1000 kg  
Kerosin



3400 kg  
Sauerstoff

CO<sub>2</sub> 3150  
kg

H<sub>2</sub>O 1230  
kg

NO<sub>x</sub> 17

kg

CO 1,8

kg

SO<sub>2</sub> 0,6 kg

UHC 0,4

kg

Ruß 0,3 kg

**Schadstoffe 20  
kg**

**pro Tonne**

**Kerosin**

# Emissionen bei Start und Landung

Beispiel A 340	Start Take Off	Steigflug Climb Out	Landung Approach	Leerlauf Idle	
Kerosinverbrauch	7,6	6,2	2,1	0,7	kg / s
NO <sub>x</sub> Stickoxide	<b>34</b>	26	11	5	g/kg
HC Kohlenwasserstoffe	0,01	0,01	0,13	<b>4,5</b>	g/kg
CO Kohlenmonoxid	0,5	0,5	1,7	<b>26</b>	g/kg
Ruß (PM)	0,04	0,03	0,02	0,02	g/kg
<b>Summe</b>	<b>35</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>35</b>	g/kg
CH <sub>4</sub> Methan	LTO gesamt		0,3		g/kg
N <sub>2</sub> O Lachgas	LTO gesamt		0,1		g/kg

**300.000 Flugbewegungen\* verbrauchen**

**150.000 Tonnen Kerosin mal 20 kg Schadstoffe =**

**3.000 Tonnen Schadstoffe pro Jahr**

**oder**

**8,2 Tonnen pro Tag**

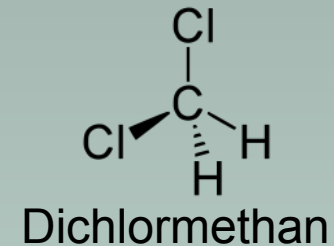
**Gewicht von zwei großen Elefanten**

**am und um den Flughafen**

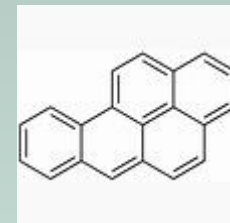
# Kohlenwasserstoffe UHC

**Besonders  
gefährlich:**

**Halogenierte  
Kohlenwasserstoffe  
z.B.**



**Polyzyklische  
Aromatische  
Kohlenwasserstoffe  
(PAK)**



Benzo(a)pyren  
BaP

## “Experiment to Characterize Aircraft Volatile Aerosol and Trace-Species Emissions”

Anderson/Blake/McEachern: Hydrocarbon emissions from a modern commercial airliner

Kerosinabbauprodukte und ihre gesundheitsschädigenden Wirkungen (Zusammenfassung) NASA, 2005:

Nr. 1 und 2 in g/kg verbranntem Kerosin; alle andern Werte in µg/kg verbranntem Kerosin

Nr.	Summenformel Name	CAS	ERP 1,40 Start	ERP 1.03 Landung
1	CO Kohlenmonoxyd	630-08-0	0,77	22,7
2	CH <sub>4</sub> Methan	74-82-8		0,21
3	OCS Carbonylsulfid	463-58-1	139	807
4	DMS Dimethylsulfid	75-18-3	8	9
5	CS <sub>2</sub> Schwefelkohlenstoff	75-15-0	51	113
6	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (N: F-12) Dichlordifluormethan	75-71-8	-	161
7	CCl <sub>3</sub> F Trichlorfluormethan	75-69-4	-	63
8	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub> (N: F-113) Trichlortrifluorethan	76-13-1	-	53
9	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub> (N: F-114) Dichlortetrafluorethan	76-14-2	-	1
10	CBrClF <sub>2</sub> Chlorbromdifluormethan	353-59-3	-	1
11	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> Trifluoroethylene	359-11-5	-	13
12	CHClF <sub>2</sub> Chlordifluormethan	75-45-6	-	75
13	CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub> Chlorodifluoroethane	75-68-3	-	-
14	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F Dichlorfluoräthan	1717-00-6	-	21
15	CHCl <sub>3</sub> Chloroform	67-66-3	18	40
16	MeCCl <sub>3</sub> Trichlormethan	71-55-6	-	-
17	CCl <sub>4</sub> Tetrachlorkohlenstoff	56-23-5	-	-
18	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> Dichlormethan	75-09-2	48	266
19	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> Trichlorethylen	79-01-6	8	-
20	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> Tetrachlorethylen	127-18-4	18	-
21	CH <sub>3</sub> Cl Methylchlorid	74-87-3	624	94
22	CH Br Methylbromid	74-83-9	21	13



# Schadwirkungen von mindestens 27 halogenierten Kohlenwasserstoffen

- **Toxisch für Leber und Niere**
- **Fortpflanzungsschädlich**
- **Krebs erzeugend**

**Keine Grenzwerte – kleinste Mengen als Auslöser möglich**

Quellen:

- CAS = Chemical Abstracts Service
- Anderson et al. 2005: „Experiment to Characterize Aircraft Volatile Aerosol and Trace-Species Emissions“, Hydrocarbon emissions from a modern commercial airliner, NASA Langley Research Center, 33 ff.
- Sicherheitsdatenblätter

# PAK

## Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

16 EPA-PAK	38 µg / m <sup>3</sup> im Abgas	TEF Toxic equivalence factor	
Naphthalin	82 %	0,001	
Acenaphthylen	4,7 %	0,001	
Acenaphthen	1,3 %	0,001	
Fluoren	2,4 %	0,001	
Phenanthren	2 %	0,001	
Anthracen	0,3 %	0,01	
Fluoranthen	0,6 %	0,001	
Pyren	0,8 %	0,001	
<b>Benzo(a)pyren (BaP)</b>	< 0,1 %	<b>1</b>	<b>GW 1 ng/m<sup>3</sup> seit 2013</b>
Benz(a)anthracen	< 0,1 %	0,1	
Chrysen	< 0,1 %	0,001	
Benzo(bj)fluoranthen	< 0,1 %	0,1	
Benzo(kj) fluoranthen	< 0,1 %	0,1	
Dibenz(ah)anthracen	< 0,1 %	1	
Benzo(ghi)perylen	< 0,1 %	0,001	
Indeno(cd)pyren	< 0,1 %	0,1	

## Welche Schadstoffe werden gemessen ?

- **Stickoxide**
- **Ozon**
- **Kohlenmonoxid**
- **Schwefeldioxid**
  
- **BTX** (Benzol, Toluol, Xylol)
- **B(a)P**  
(Benzo(a)pyren, PAK)
- **PM<sub>10 / 2,5</sub>** (Feinstaub)

## Was wird **nicht** gemessen / berücksichtigt ?

- **99 % aller PAK 16**
- **halogenierte KW** Methylchlorid
- **Aldehyde** Formaldehyd
- **Aliphatische KW** 1,3 Butadien
  
- insgesamt 90 % der KW**
  
- **UFP - Nanopartikel** PM < 1

## Wo liegt das Problem ?

karzinogene Stoffe: kein Grenzwert

kein Grenzwert für PM<sub>1</sub>

Leitsubstanz ignoriert alle andern Stoffe

Messwerte sind Mittelwerte

**Bei Windstille halten sich Schadstoffe über Stunden in der Atemluft**

# Untersuchungen zum Krebsrisiko an Flughäfen und Umgebung

▪ Offenbach-Studie 1990	33 %
▪ Chicago-Midway EPA 1993 10 %	
▪ Georgetown King County Intl. Airport 1998	36 %
▪ O'Hare-Studie 2000	5- fach
▪ Mosardi-Platt / ENVIRON 2000	5 -fach
▪ St. Monica CA 2004	13-26-fach
▪ Morin & Vanderslice 2007	26-fach
▪ Teterboro NJ 2008	5- fach

## Gesundheitsuntersuchung 2010

### Luftschadstoffe Ruß, UFP, PAK

verminderte Lungenfunktion bei Kindern, mehr Lungen und Kreislaufkrankheiten  
erhöhtes Krebsrisiko, Entzündungen/Verengung der Blutgefäße, häufiger  
Lungenentzündungen, Hormonstörungen bei Erwachsenen,  
Reproduktionsstörungen

**Santa Monica Airport Kleiner Flughafen im Ballungsraum Los Angeles Sehr eng umbaut**

Feinstaub = Particulate Matter ○ Feinst-Staub = Nanopartikel, UFP

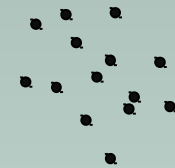
PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> werden gewogen  
Gewichtsanteil 98 %

PM<sub>10</sub>

seit 1. Januar 2005  
Jahresmittelwert 40 µg/m<sup>3</sup>  
Tagesgrenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>  
( < 35mal im Jahr)

PM<sub>2,5</sub>

1. 1. 2015  
Jahresmittel 25 µg/m<sup>3</sup>  
ab 1. 1. 2020 20 µg/m<sup>3</sup>



UFP (20 nm)  
kein Grenzwert

UFP werden gezählt  
95 % aller Partikel < 1 µm

Vom Feinstaub (Particulate Matter) werden bisher nur PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> gemessen (Grenzwert).

Wesentlich gefährlicher für die Gesundheit sind jedoch die sehr kleinen UFP oder Nanopartikel.

Diese dringen bis in die Lungenbläschen und gelangen von dort ins Blut und alle Organe. Mit ihnen auch Schadstoffe auf ihrer Oberfläche.

**Triebwerke  
verbrennen  
immer feiner**

**Die Zahl der  
ultrafeinen Partikel  
ist gestiegen**

$10^{15}$  Part. /kg Kerosin

# Schadstoffe am Boden (Beispiel München)

## Schadstoffe

Start- und Landung / LTO

$$180.000 \text{ Tonnen Kerosin} \times 0,02 = 10 \text{ Tonnen / Tag}$$

**Emissionen am Boden \* = 3 Tonnen / Tag**

APU

Vorfeldverkehr

Triebwerksprobeläufe

Zubringerverkehr

Parken ....

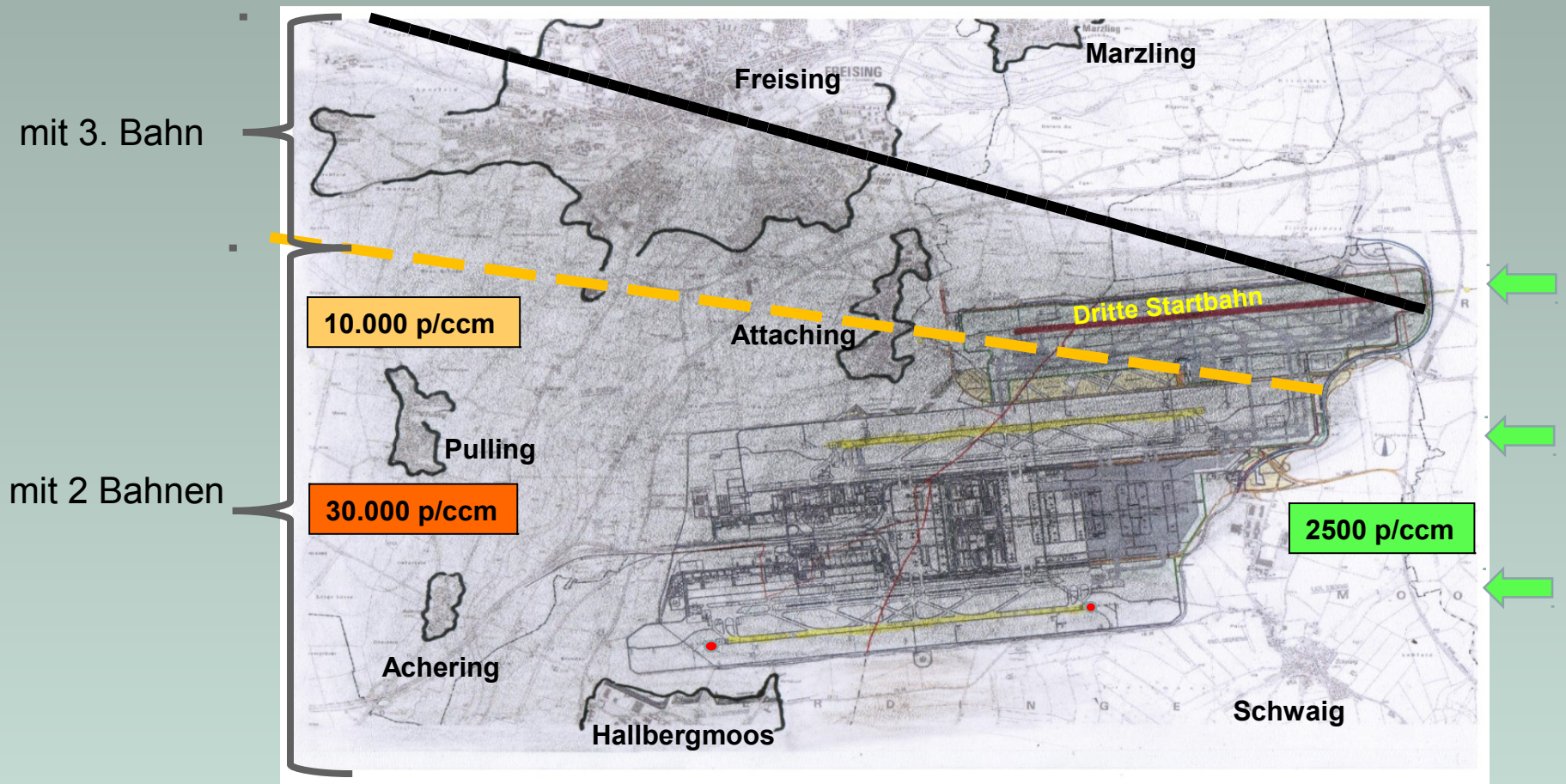
von allen Schadstoffen	
NOx	22 % am Boden
CO	27 %
<b>HC</b>	<b>63 %</b>
SO2	45 %
<b>PM</b>	<b>54 %</b>
Benzol	45 %

\* extrapoliert aus: Flughafen Düsseldorf Nachbarschaftsdialog und Immissionsschutz 2014

# Flughafen München

## Schadstoffverteilung bei Ostwind

ca. 150 Tage im Jahr



• Messstellen LHY4 und LHY7

■ ■ ■ P-Track Messungen Ultrafeinstaub Juli 2015 (rund um den Flughafen)



# Greenwashing - positive Bildersprache der Flughafenbetreiber

Grüne Landschaft

Bäume

blauer Himmel

Sonne

blühende Felder

**Auf diesen Bildern nicht zu riechen und zu hören:**

➤ **Tonnen krebserregender Kohlenwasserstoffe und Stickoxide**

- täglich

➤ **Jede Minute ein Lärmereignis von über 60 dB**



**T a m e A v i a t i o n !**

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit !**