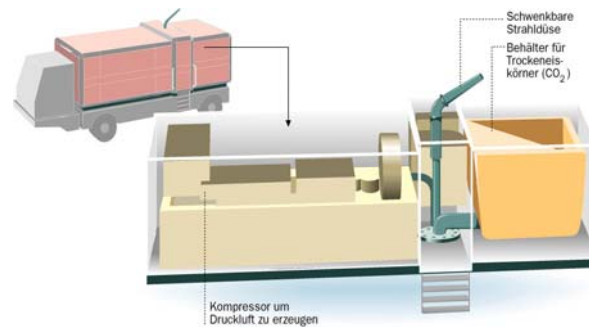


Nebelbeseitigung mit Trockeneisstrahlen

Felix Elbing



WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83

Ausgründung aus



Institut für Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb
TU Berlin



Lehrstuhl für Luftchemie
und Luftreinhaltung
BTU Cottbus

WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

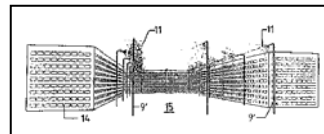
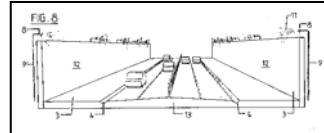
phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83

- auf der Erdoberfläche aufliegende Wolke mit in der Luft schwebenden Wassertropfen
- Sichtweite < 1 km
- Flüssigwassergehalt < 0,5 g/m³
Tropfengröße < 10 µm
- Nebel entsteht durch
 - a) Abkühlung
 - b) Wasserdampfanreicherung
 - c) Antransport durch Wind
- Unterscheidung von warmen (> 0°C) und kaltem (< 0°C) Nebel



- 1) Verringerung des Wasserdampfgehalts**
 - Erwärmung der Luft
 - Sonnenaufgang
 - künstliche Wärmezufuhr
 - Vermischen des Nebels mit nebfreier, untersättigter Luft
 - Wind
 - künstliche Ventilation
 - Wachstum der Nebeltropfen (Dampfdruckänderung)
 - natürliche dynamische und mikrophysikalische Prozesse
 - künstliche Anregung zum Tropfenwachstum
- 2) Entfernung der Nebeltropfen**
 - Ausregnen (Ablagerung am Grund)
 - Künstliche, mechanische Entfernung

- Forschung und Entwicklung zur Nebelbeseitigung seit 100 Jahren (über 100 Patente, 1. Patent 1899)
- Verfahren basieren auf Heißgas-, Wasser-, Infrarotstrahlen, Aufheizen, Raketen, Rauch, Chemikalien oder Kondensationskeimen.
- Bisher kein wirtschaftlicher Einsatz, da:
 - Umweltfeindlich,
 - Oft nur stationäre Anwendung,
 - Langsam und unwirtschaftlich bzw.
 - Hohe Investitions- und Betriebskosten.



- Ausblasen von Trockeneiskörnern (festes Kohlendioxid, $T = -78,5^{\circ}\text{C}$) mit Druckluftfreistrahler führt zum Ausregnen des Nebels.
- Wirkprinzip basiert auf Kollisionsnukleation, Kondensation, thermodynamischer Instabilität und erzwungener Konvektion.
- Verfahren ist schnell, effektiv, umweltfreundlich und nachhaltig.
- Weltweiter Patentschutz.



➤ Kollisionsnukleation

Die Trockeneispartikel „sammeln“ Nebeltropfen auf (Impaktion), wodurch diese schnell wachsen und ausregnen.

➤ Kondensationswachstum

Die eingebrachte „Kälte“ führt zu einem kleineren Dampfdruck der Nebeltropfen, diese wachsen und die Umgebungsfeuchte wird kleiner.

➤ Konvektives Vermischen

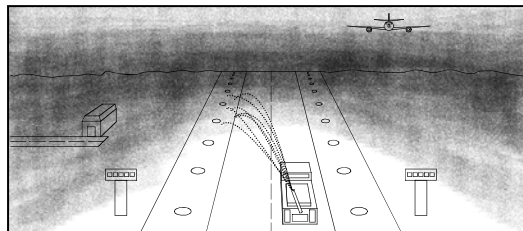
Der durch den Strahl eingebrachte Impuls verteilt die Kondensationswärme und führt zu einem „Fortpflanzungseffekt“.

➤ Erste Versuche mit einer stationären Strahldüse (1999)

- Reichweite der Trockeneiskörner: 30 m
- Reichweite der Nebelbeseitigung: 100 m
- Durchmesser der Nebelbeseitigung: 200 m
- Zeit der Nebelbeseitigung: 3 min

➤ Versuche mit einem Fahrzeug mit bewegter Strahldüse (2000)

- Breite der Nebelbeseitigung: 200 m
- Fahrzeuggeschwindigkeit: 15 - 25 km/h
- Verbrauch an Trockeneis: 150 kg/h
- Kosten für Trockeneis: 1 DM / 1 kg (inkl. Lieferung)



➤ **Anlagentechnik**

Druckluftherzeugung und -aufbereitung, Vorratsbehälter und Dosiersystem für Trockeneiskörner, Strahldüsen, Antriebs- und Steuerungstechnik

➤ **Produkte**

Mobile Anlage

genormter Container für Anhänger, Fahrzeuge, Pistenraupen

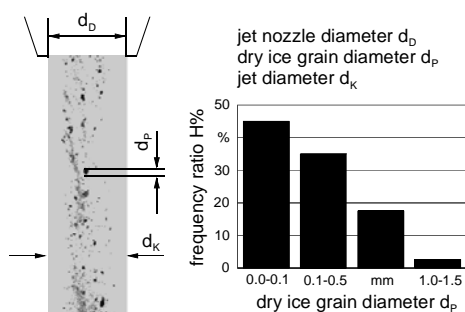
Stationäre Anlage

Spezialanlage für Referenzkunden

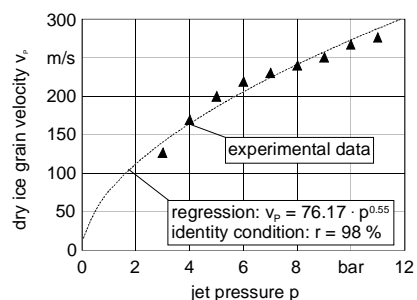
➤ **Zukünftige Produktentwicklungen**

Ausregnen von Wolken, Brandbekämpfung

➤ **Partikeldurchmesser**



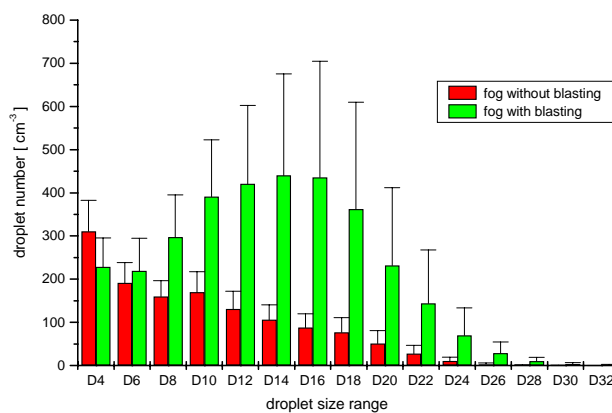
➤ **Partikelgeschwindigkeit**



- Airport Drewitz (near Cottbus), November 1999
- Berlin, December 1999
- Hofolding near Munic, October/November 2000
- Berlin, March 2001
- Berlin, November 2002

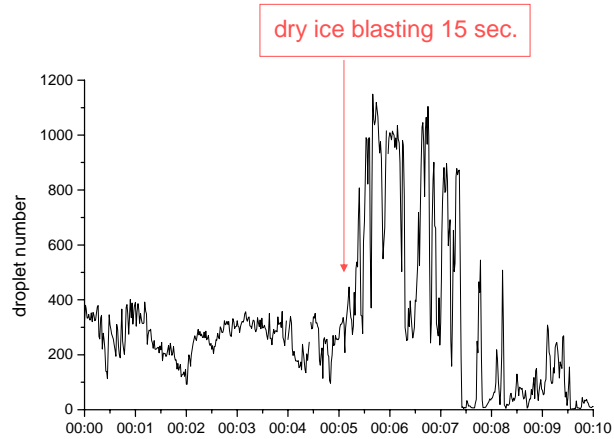
- **Tröpfchengrößenverteilung (droplet size distribution)**
- **Tröpfchenanzahl (droplet size)**
- **Flüssigwassergehalt (LWC)**

Fog droplet size distribution



(measurement with FSSP-100)

Fog droplet size evolution



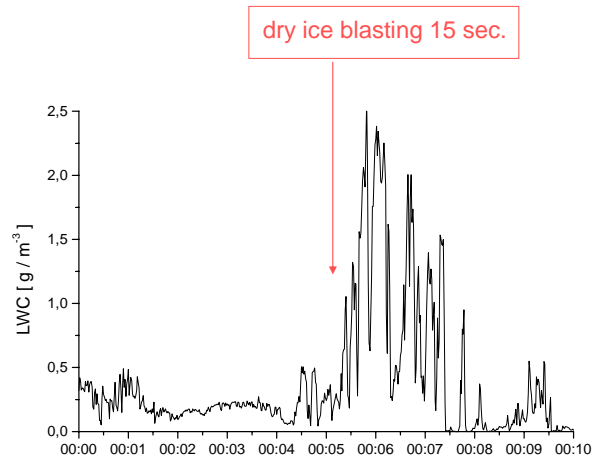
(measurement with FSSP-100)

WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83

LWC evolution



(measurement with PVM 100 „Gerber“)

WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83

Unternehmen	Verfahren	Entwicklungsstand	Merkmale
Russisches Forschungskonsortium	Versprühen von flüssigem Stickstoff	Kooperationspartner zur Erprobung in Norditalien vorhanden	- Umweltfreundlich - Prozeß langsam, geringe Reichweite - hohe Investitions- und Betriebskosten - stationär anwendbar - kein Patentschutz
Amerikanisches Forschungskonsortium	Versprühen von hochkomprimiertem Kohlendioxid	Technologie-Fördermittel vorhanden	- Umweltfreundlich - Prozeß langsam, geringe Reichweite - hohe Investitions- und Betriebskosten - stationär anwendbar - kein Patentschutz
North American Weather Consultants Inc. (USA), Weather Modification Inc. (USA)	Versprühen von flüssigem Propan und Silberjodid	Technische Anwendbarkeit zum Teil nachgewiesen	- Umweltfreundlich - Prozeß langsam, geringe Reichweite - hohe Investitions- und Betriebskosten - vom Flugzeug anwendbar - kein Patentschutz
Atmospherics Inc. (USA)	Pyrotechnisches Ausbringen von Rauch und Silberjodid	Erste Anwendungen vorhanden	- Umweltfreundlich - Prozeß langsam, große Reichweite - hohe Investitions- und Betriebskosten - vom Flugzeug anwendbar - kein Patentschutz
Weather Technologies	Ausblasen von Trockeneiskörnern mit Druckluftfreistrahler	Technische Anwendbarkeit nachgewiesen	- Umweltfreundlich - Prozeß schnell, große Reichweite - geringe Betriebskosten - mobil und stationär anwendbar - weltweiter Patentschutz

WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83



WEATHER TECHNOLOGIES
Potsdamer Str. 48
14513 Teltow

email: elbing@weather-tec.com
web: www.weather-tec.com

phone: +49 - 30 - 39 88 88 81
fax: +49 - 30 - 39 88 88 82
mobile: +49 - 177 - 590 34 83

- **Höheres Sicherheitsniveau für Mensch, Technik und Umwelt**
- **Kostenreduzierung durch Vermeidung von Verzögerungen, Ausfällen, Unfällen, Verletzten und Toten**
- **Höhere Planungs- und Kalkulationssicherheit**



Marktsegmente

- **Flughäfen**
Betreiber, Fluggesellschaften
- **Autobahnen, Straßen, Häfen**
Versicherungen, private und staatliche Betreiber
- **Sport-, Kulturveranstaltungen**
Medien, Stadionbetreiber, Fußballbundesliga, Skispringen/-rennen
- **Baustellen, Produktionsstätten**
Bauunternehmen, Petro-chemische Industrie, Tagebau
- **Militär, Grenzsicherung**
Rüstungskonzerne, Bundeswehr, Bundesgrenzschutz, Polizei



Relevante Länder

- **Europa** D, I, GB, F, N, S, NL, B, Ch, A
- **Nordamerika** Kanada, USA
- **Asien** Japan, Korea, China, Indien, Pakistan

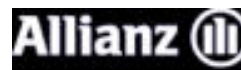
➤ Einnahmenausfälle durch Betriebsunterbrechungen am Flughafen Frankfurt am Main: **250.000 Euro pro Stunde**

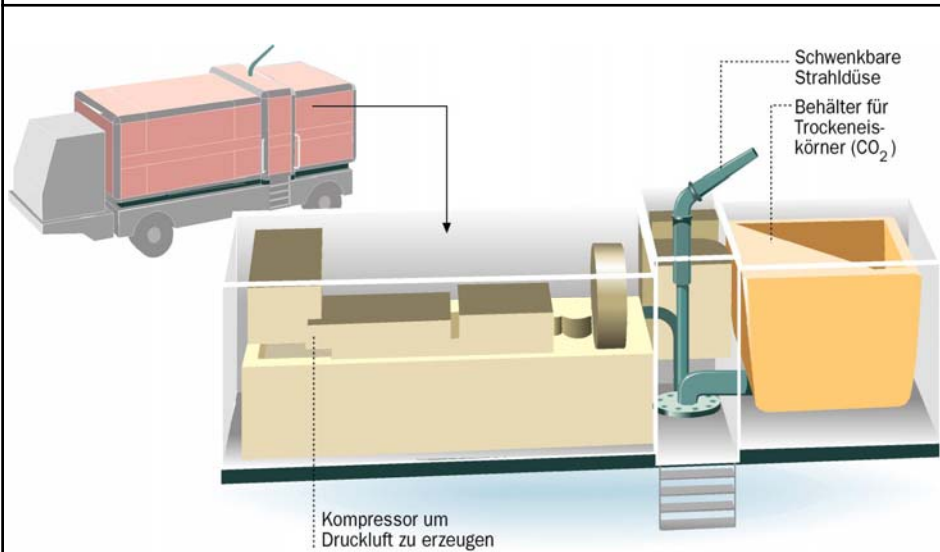
➤ Nebelereignisse mit Sichtweiten unter 1.000 m (1951-1980)

Flughafen	H	HB	M	F	B
Tage im Jahr	66	66	61	47	34

➤ Häufigkeit und Andauer von Nebelereignissen (1951-1980)

Flughafen	M	F
Andauer eines Nebelereignisses	4,0 h	4,4 h
Andauer eines Nebelereignisses im Vergleich zur Gesamtzeit	3,5 %	3,3 %





Gutachten WMO - Genf - 20.-24.11.2000

20th Session of the EC Panel on Physics and Chemistry of Clouds and Weather Modification Research

...

**„Eine neuartige Technologie zur Nebelbeseitigung,
die bereits mehrfach erfolgreich getestet wurde,
verwendet mit hoher Geschwindigkeit ausgeblasene
Trockeneiskörner.**

**Der Nebel wird durchmischt und es werden
Eiskristalle bzw. größere Wassertropfen erzeugt.**

Der Nebel fällt innerhalb kürzester Zeit aus.

...