

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG



Teilprojekt B8

JOHANN WOLFGANG GOETHE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN

JOHANNES
GUTENBERG
UNIVERSITÄT
MAINZ



Max-Planck-Gesellschaft



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

SFB 1990 „Die troposphärische Eisphase“

Wechselwirkung flüchtiger Organika mit luftgetragenen Eiskristallen

Elke Fries & Wolfgang Jaeschke

Institut für Meteorologie und Geophysik, Atmosphärische Umweltforschung, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Wilhelm Püttmann

Institut für Mineralogie, Umweltanalytik, J.W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main

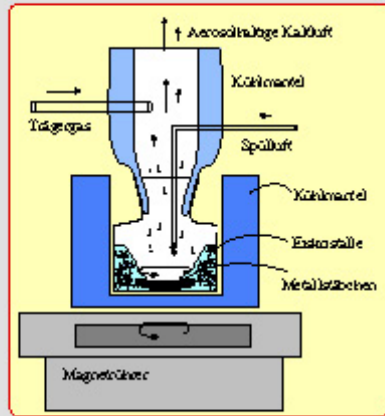
Katrin Palitzsch, Karsten Sieg

Kammerexperimente

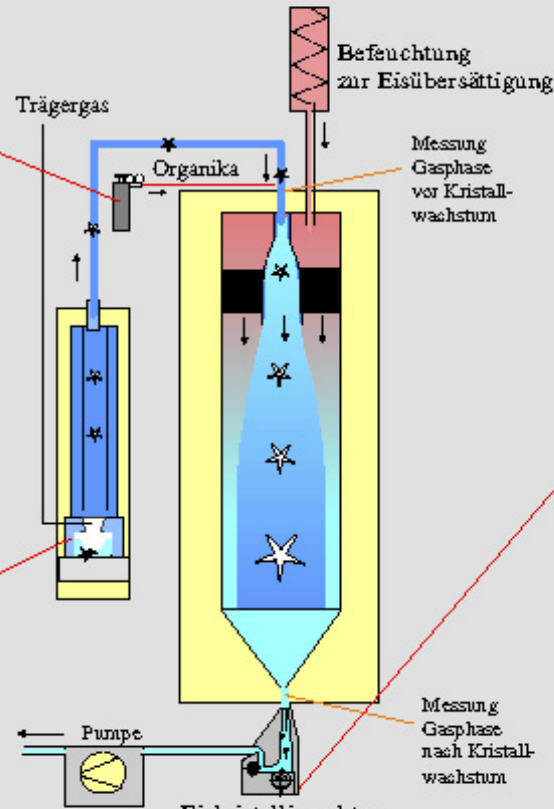
Arbeitsprogramm

Feldmessungen

Wechselwirkung ausgewählter Organika (MTBE, TBA, BTEX u.a.) mit luftgetragenen Eiskristallen



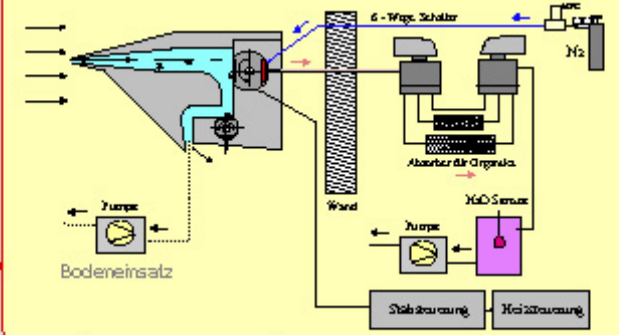
Eiskristallgenerator



1. Kältekammer

Analytik: Gasphase: GC/MS
Eisphase: Festphasen-Mikroextraktion (SPME)
GC/MS

Probenahme: Gasphase: Aktivkohle-Adsorption
Eisphase: Eiskristall-Impaktor

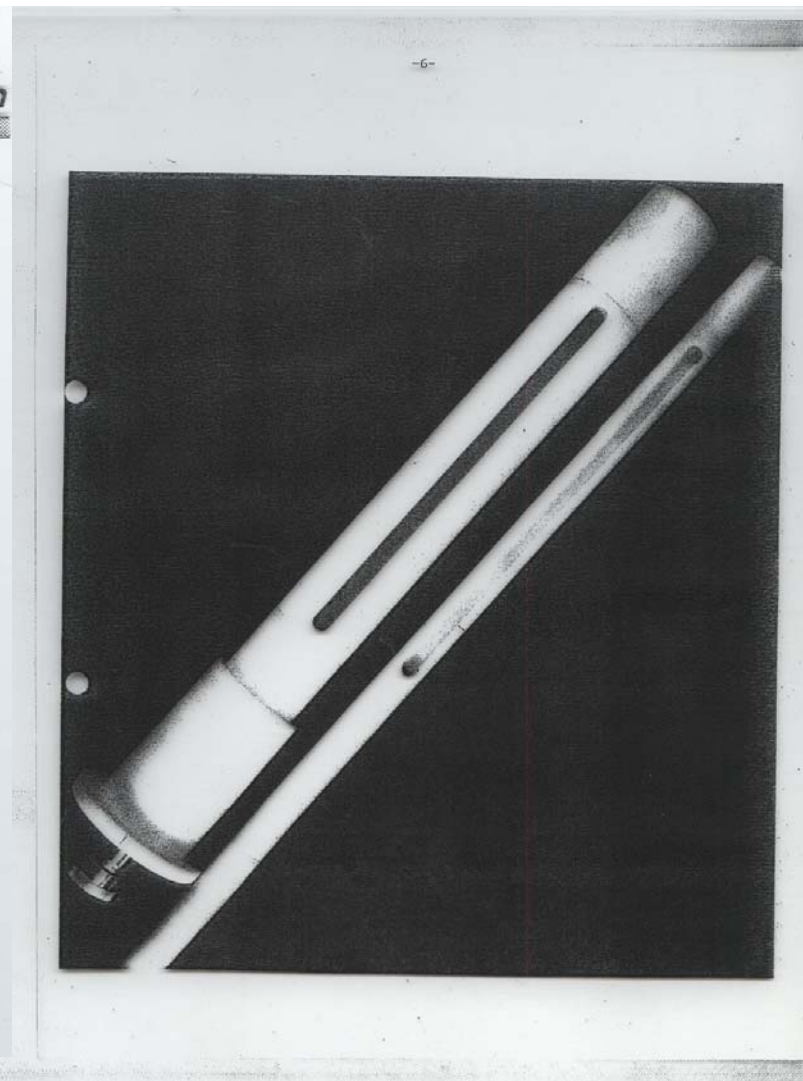
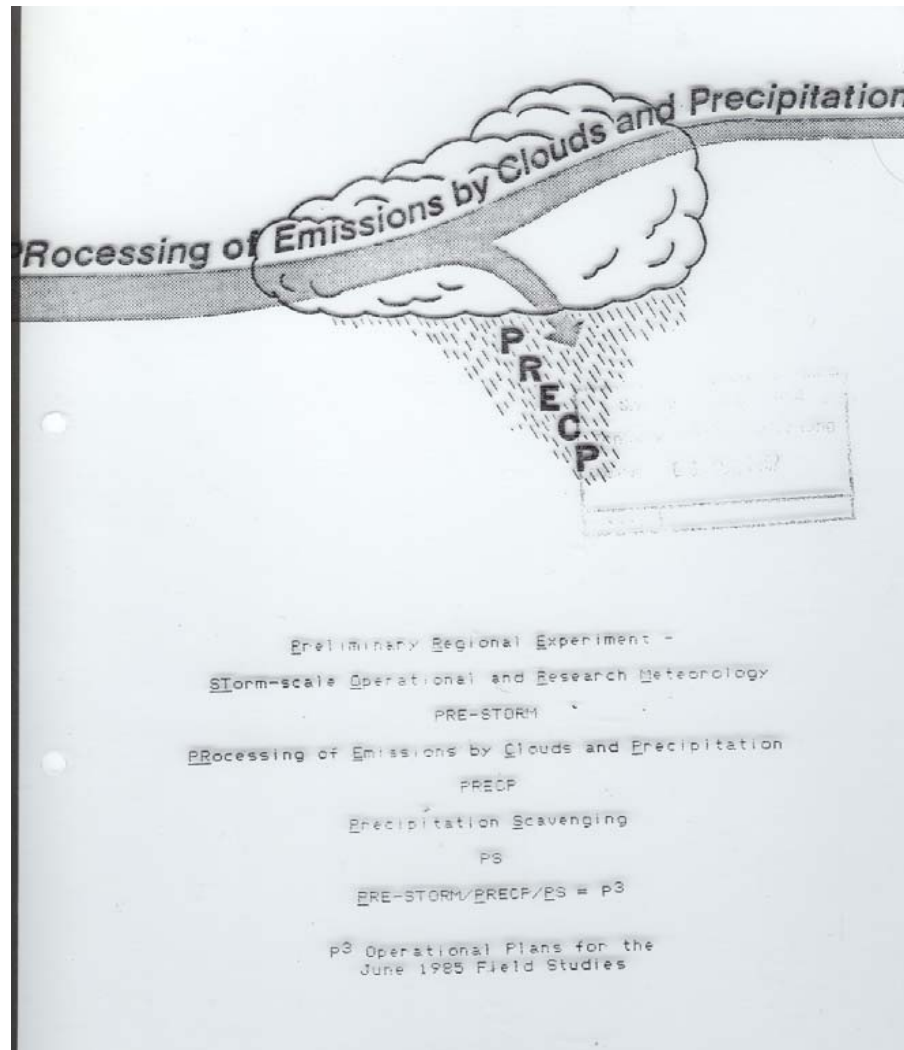


2. Bergstationen



3. Flugzeuge

Eis Sammler nach V. Mohnen 1982



Freiströmender Impaktor nach Krämer und Schütz 1994

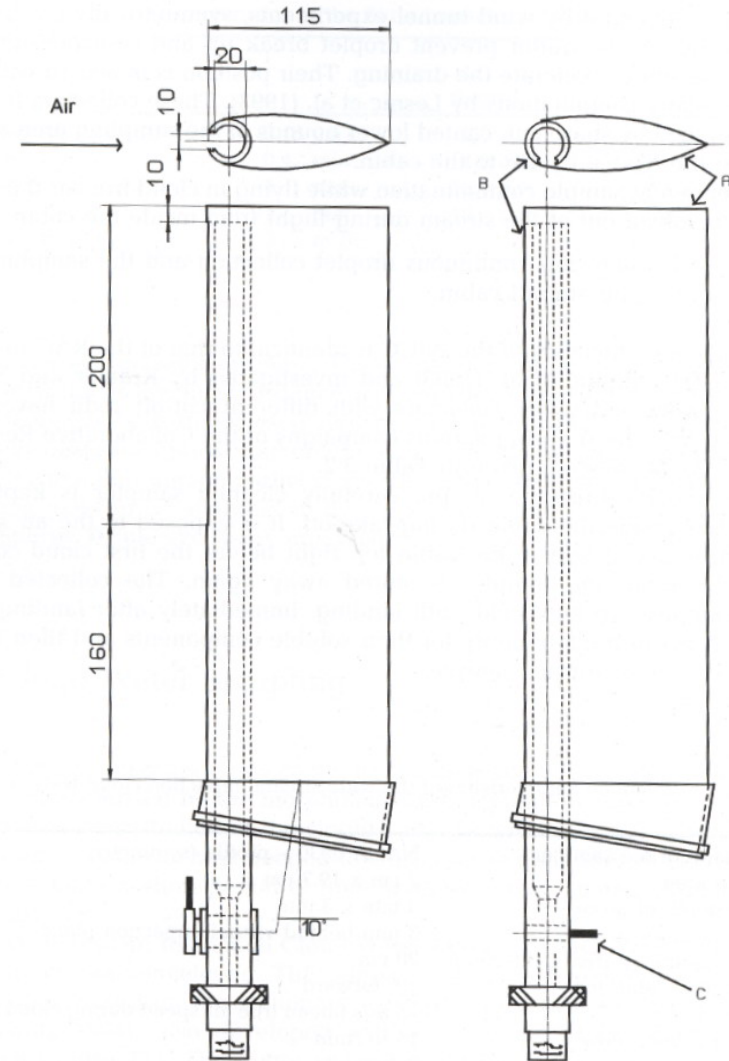


Figure 3.5: Wide Stream Impaction Cloud Water Collector WICC. Bottom: cross section of the whole sampler; top: vertical projection of the collection area; left: collection area in sampling position (open gutter); right: collection area in non-sampling position (gutter closed); free stream direction of the air as indicated. Dimensions in mm. A, B, and C are given in the text.

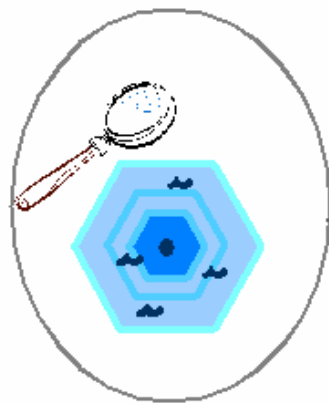
Eiskristall-Probenahme Wingpod

Abtrennung der Eiskristalle durch Freistromimpaktor, Prinzip **slotted rod** nach Mohren ("Tiefe Prallplatte")

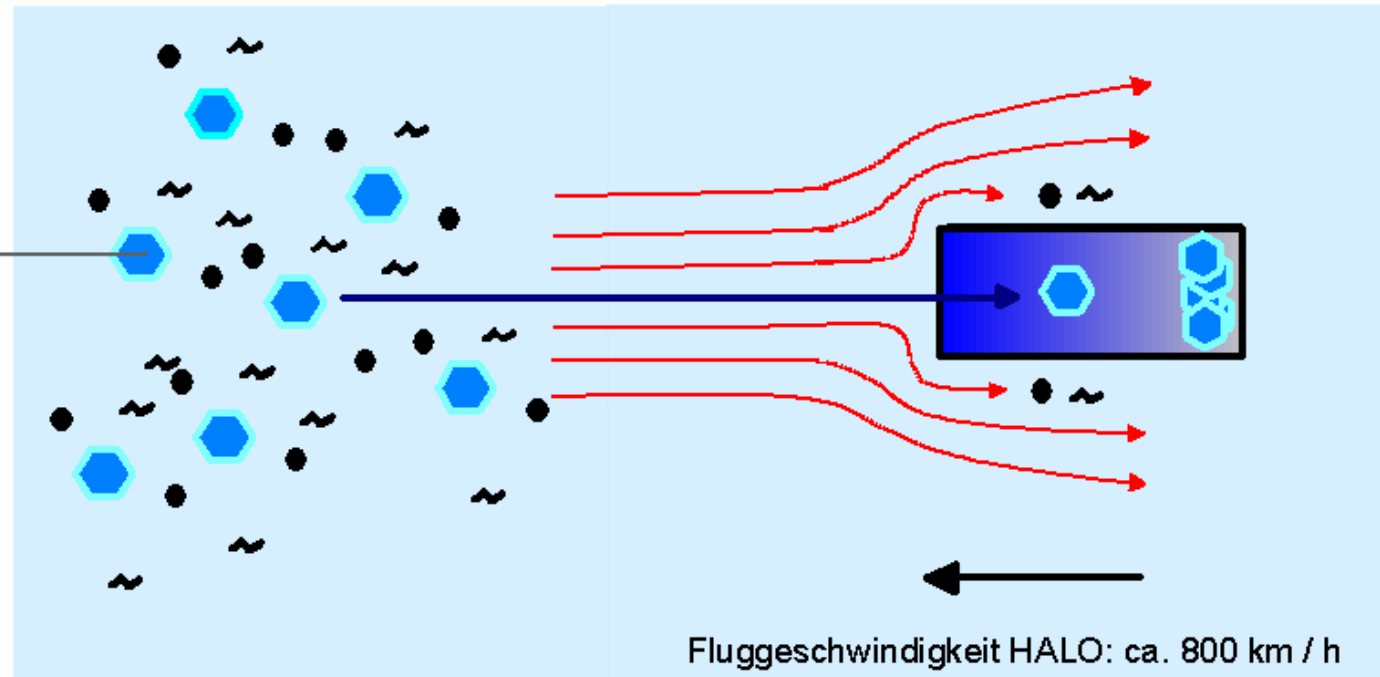
Dadurch verminderte Empfindlichkeit der Probe gegen äußere Bedingungen

virtuelle Impaktorplatte nach Krämer

unbewegte Luftmasse hinter der virtuellen Impaktorplatte



nucleation scavenging
depgrowth scavenging

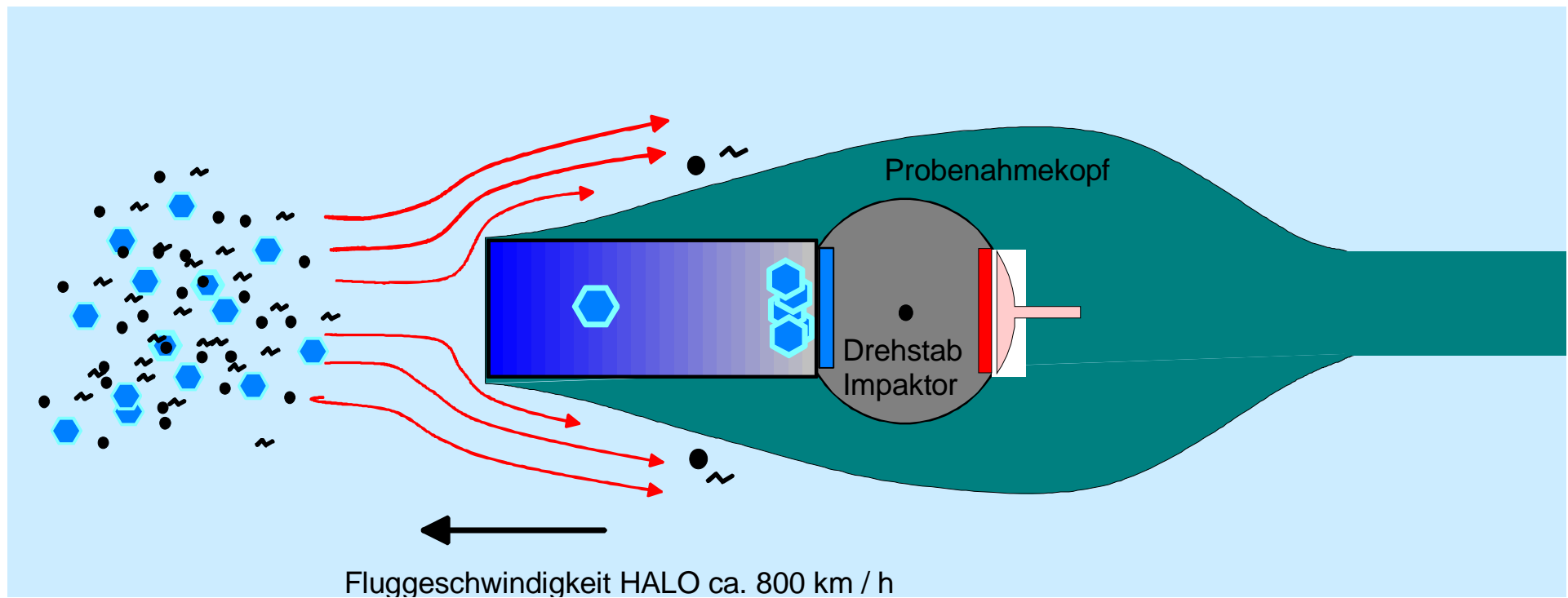


Aufbau Probenahme HALO

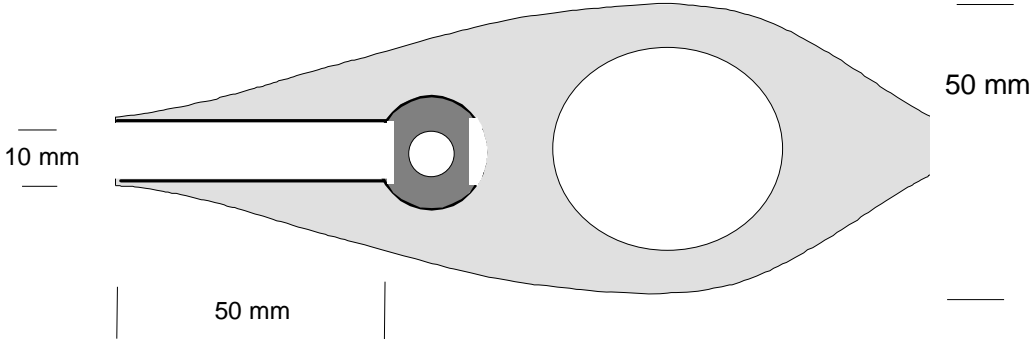
"Tiefe Prallplatte" mit Drehstabimpaktor

Gesammelte Eiskristalle liegen in ruhigem Luftraum

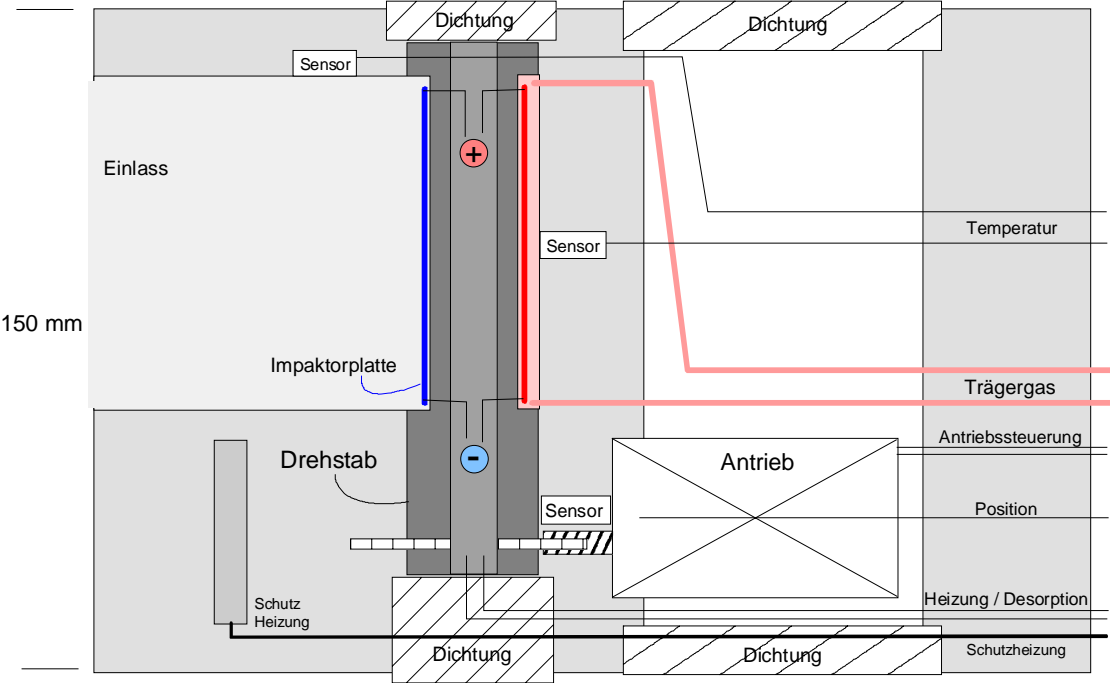
Stab wird zum Verdampfen der Probe um 180° gedreht



Dimensionierung Probenahmekopf



Aufsicht

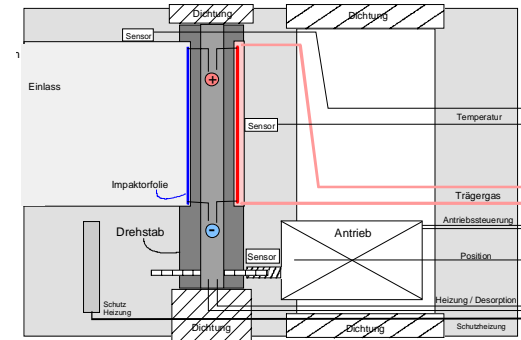


Seite

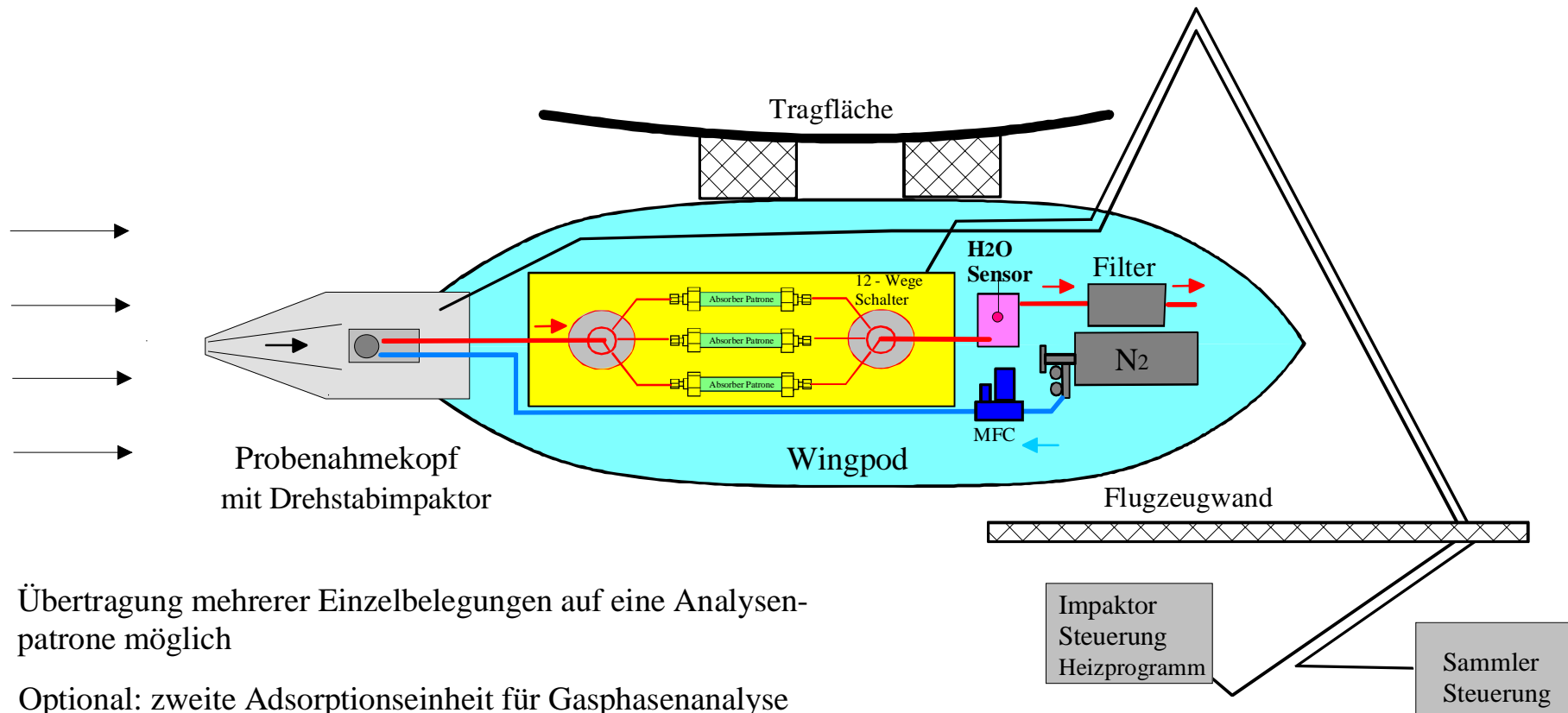
Anforderungen für Auslegung des Probenahmekopfes mit Drehstabimpaktor

(Bereitstellung durch DLR gewünscht)

- Impaktor-Einlassöffnung: Schlitz ca. 1 cm x 5 cm
- Drehstab mit abgeflachten Abscheideflächen
- Vakuumfeste Dichtungen (Einpassung Drehstab in Buchse)
- Heizung für therm. Desorption der Probe vom Drehstab, Heizleitung
- Schutzheizung (Schutz des Probenahmekopfes und Drehstabmechanismus vor Vereisung), Heizleitung
- Antrieb für Drehstab (Servomotor und Schneckengetriebe)
- **Spannungsversorgung 28 V, 2-3 A Bordstrom (Desorption der Probe, Betrieb Servomotor)**
- **Spannungsversorgung Schutzheizung: tbd**
- Sensor zur Erfassung der meteorologischen Situation am Einlass (T, RH, Wolke ja – nein => **Umsetzung in I/O-Signal**)
- Sensor zur Erfassung der Temperatur für Steuerung der Desorptions-Heizleistung an Drehstab-Abscheidefläche
- Sensor zur Erfassung der Drehstabposition
- **Mehrpolige Niederspannungsleitung durch Wingpod zur Flugzeugkabine für Datentransfer und Drehstabsteuerung sowie für Steuerung Heizprogramm**
- **Edelstahlleitungen vom Impaktor zur mobilen Probenbelegungseinheit sowie zur Trägergaspatrone (beide im Wingpod) zur Überführung des Probengutes auf Adsorptionsröhrchen sowie zur Spülung der Probenbelegungs- und Impaktionseinheit**



Aufbau Wingpod



Übertragung mehrerer Einzelbelegungen auf eine Analysenpatrone möglich

Optional: zweite Adsorptionseinheit für Gasphasenanalyse (analoge Messmimik)

Operationelle Schritte beim Sammeln und Anreichern zur Erfassung verschiedener meteorologischer Situationen, z.B.:

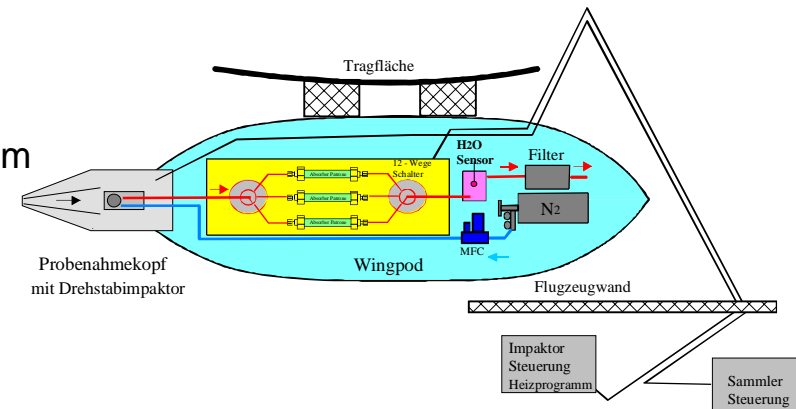
- * Cirren hoch
- * Cirren tief
- * Eiswolke ja / nein (=> Blindwerte)
- * verschiedene T, RH

=> Umsetzung der meteorologischen Sensorsignale in I/O-Steuersignale nötig

Anforderungen für Auslegung des Wingpods

(Bereitstellung durch DLR gewünscht)

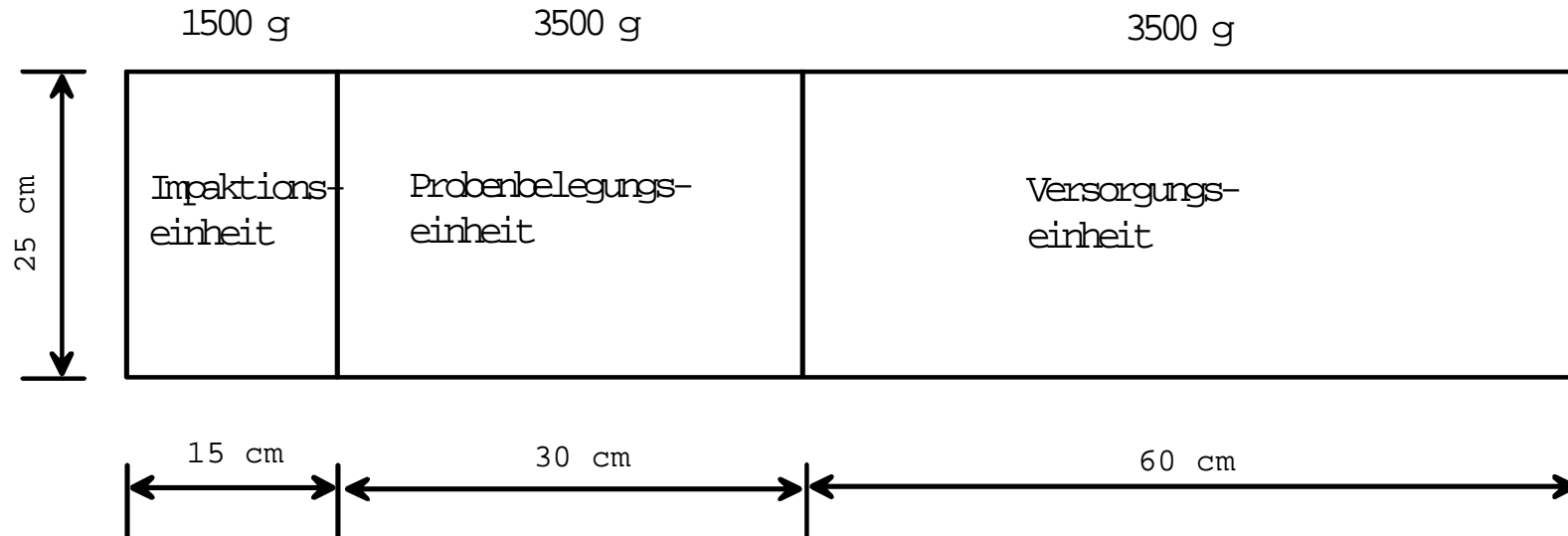
- Mobile Probenbelegungseinheit mit Adsorptionsröhrchen und Probenbelegungsventil (Revolversystem)
- MFC zur Einstellung des Trägergasstromes
- Druckpatrone mit Trägergas (N_2), Versorgungsleitung
- Edelstahlleitung zum Transport der Probe im Trägergasstrom
- H_2O -Sensor (IR-Sensor), Anschlussleitung
- **Spannungsversorgung 28 V, 2-3 A Bordstrom**
- Heizung zur Temperierung der Einbauten im Wingpod
- **Spannungsversorgung für Wingpodheizung: tbd**
- Optional: zweite Adsorptionseinheit für Gasphasenanalyse (analoge Messmimik), Einlass leeseitig
- **Mehrpolige Steuer- und Datentransferleitungen (Niederspannung) zwischen Flugzeugkabine -> Wingpod bzw. Wingpod -> Probenahmekopf zur Datenerfassung sowie Ansteuerung der Geräte in Impaktionseinheit und Pod**



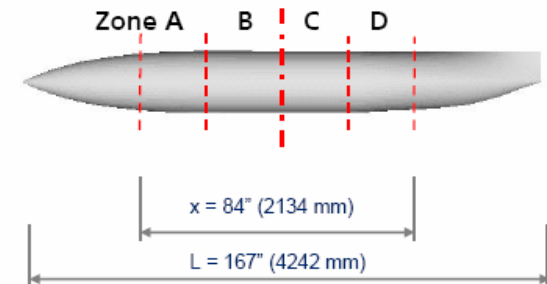
Im Flugzeug:

- Boards zur Datenerfassung und Steuerung, PC
- Weitgehend automatisierter Messablauf, Überwachung durch Operator

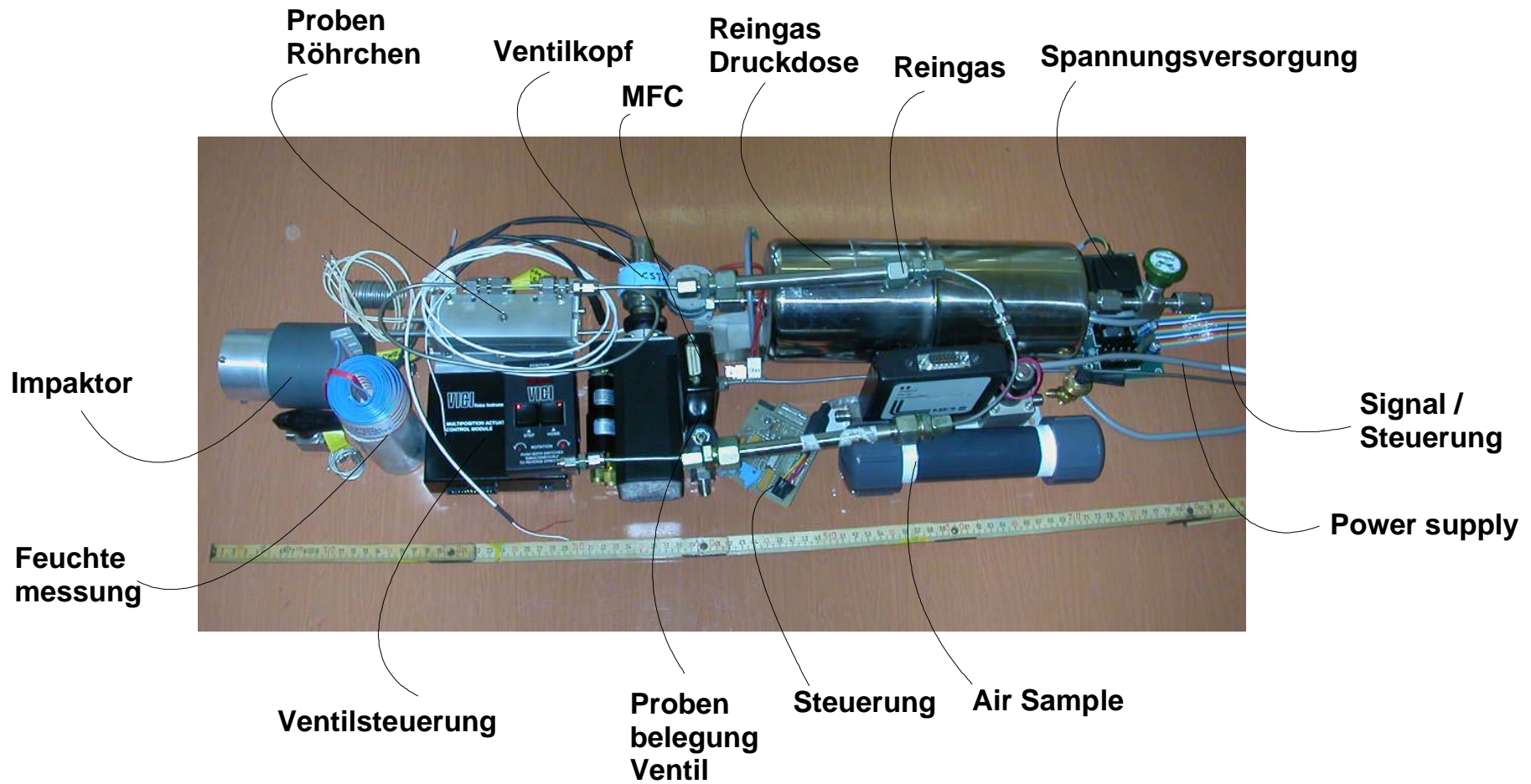
Abmaße und Lastverteilung



- **Impaktionseinheit: dem Wingpod vorgelagert**
- **Probenbelegungseinheit: Zone A**
- **Versorgungseinheit: Zone B**



Wingpod Planung



Berechnung der zu sammelnden Menge an Eismatrix

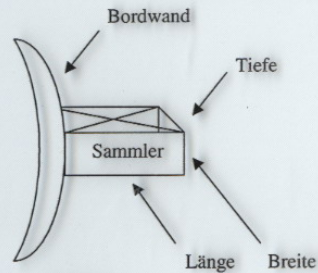
$$\begin{array}{|c|} \hline \text{zu sammelnde Masse} \\ \text{an Eismatrix} \\ \hline \text{g} \\ \hline 1 - 10 \text{ g} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Impaktor} \\ \text{Einlassfläche} \\ \hline \text{cm}^2 \\ \hline 0,5 - 5 \text{ cm}^2 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Eiswassergehalt IWC} \\ \text{der Wolke} \\ \hline \text{g/m}^3 \\ \hline 0,1 \text{ g/m}^3 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Fluggeschwindigkeit} \\ \hline \text{km / h} \\ \hline 800 \text{ km / h} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Flugzeit} \\ \hline \text{min} \\ \hline 20 \text{ min} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{zu sammelnde Masse} \\ \text{an Eismatrix} \\ \hline \text{g} \\ \hline 1 - 10 \text{ g} \\ \hline \end{array} = \frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Minimum der absoluten Masse an Organika,} \\ \text{die noch nachweisbar sind} \\ \hline \text{pg} \\ \hline 100 \text{ pg} \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{bisher gemessene Konzentration} \\ \text{an Organika im Eis} \\ \hline \text{pg / g} \\ \hline 10 - 100 \text{ pg / g} \\ \hline \end{array}}$$

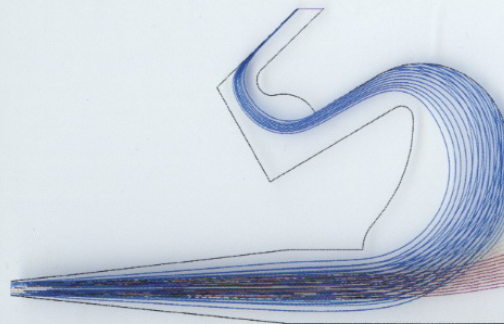
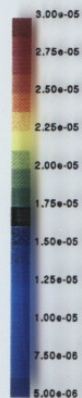
Neues Probenahmesystem

Entwicklung eines neuen Probenahmesystems für Flugzeugmessungen und Messungen an Bodenstationen

- Das Sammelprinzip des geschlitzten Stabes müßte in veränderter Form im Düsenimpaktor eingesetzt werden.
- Eine aktive und analysenreine Probenahme müßte eingeführt werden.

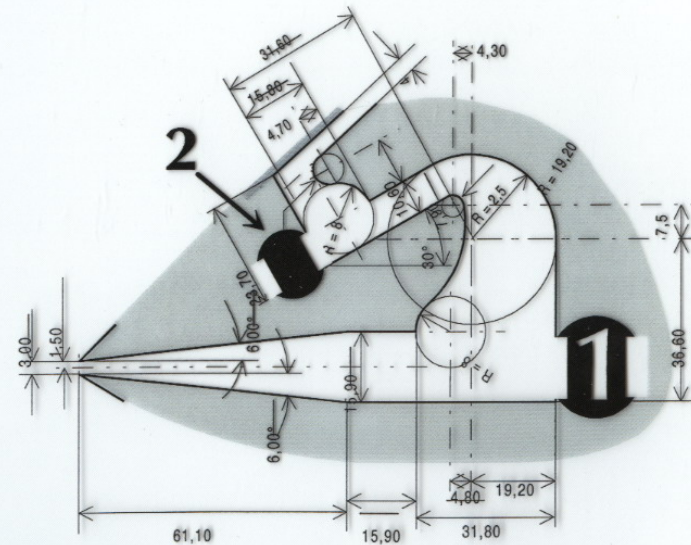


Auslegung an
flugtechnische
Vorgaben
(Maximalwerte: 35
cm Länge, 15 cm
Tiefe und 10 cm
Breite)



Wolkenwassersammler (B)
Particle Traces Colored by Particle Diameter (m)

Fluent Inc.
Fluent/UNS 4.0 (2d, rmgke)
Tue Jul 16 1996



Sammlerentwurf
2-D Schnitt

Konzept Uni FFM für Wingpod-Nutzung:

1. Was möchten Sie in den Unterflügelbehältern unterbringen?

Untergebracht werden soll ein Probenbelegungssystem mit vorgeschaltetem Impaktor zur Bestimmung von VOC in Eiswolken (Cirren).

2. Welches Gewicht?

gesamte Einheit ca. 8,5 kg; aufgeteilt auf 3 Module (siehe Skizze zu Abmaßen und Lastverteilung), dabei 1. Modul als Probenahmekopf dem Wingpod vorgelagert

3. Welche Lastverteilung?

siehe Skizze

4. Welche Einlässe/Antennen (aerodynamische Flächen) an den Behälter?

ein vorderer Einlass, vorzugsweise Rechteckform ca. 1 cm x 5 cm (bzw. rund mit äquivalentem Querschnitt)

5. Stromversorgung / Datentransfer?

28 V, 2-3 A (Bordstrom)

Heizung zum Schutz des Probenahmekopfs vor Vereisung sowie zur Temperierung der Einbauten im Pod

Signaltransfer über mehrpolige Niederspannungsleitung

Steuerungsleitung Flugzeugkabine -> Wingpod zur Ansteuerung der Geräte im Pod

6. Wie viele Behälter?

einer

7. Welche Anforderungen stehen bezüglich Flugleistungen?

(Flughöhe mit Pods 51000ft/45-47000ft/35000ft; Einfluß der Pods auf Reichweite sekundär)

Anforderung Flughöhe: Probenahme in Eiswolken ohne weitere detaillierte Festlegung der exakten Höhen (abhängig von Messkampagne, Entscheidung vor Ort)

8. Gibt es spezielle Anforderungen zu Materialien, z.B. wegen Transmissionskoeffizienten für Radaranwendungen?

nein

9. Gibt es bereits verfügbare Geräte, die sofort im Pod geflogen werden können?

nein

9a. Wenn ja, welche? (bitte Material/Bilder/Bauunterlagen mitbringen)

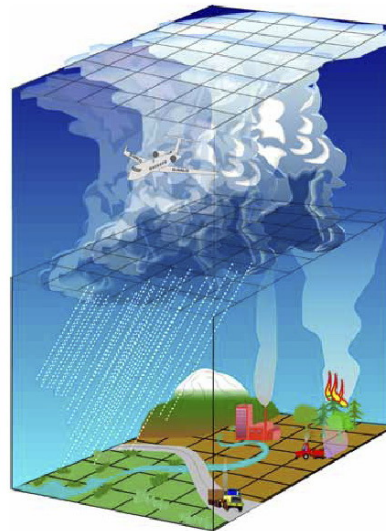
**9b. Wenn nein, wann ist mit einer frühestmöglichen Verfügbarkeit zu rechnen?
(Informationen sollen für eine entsprechende Priorisierung, Aufwandsabschätzung, Zeitplanung dienen und sollen beim Design/- und Zulassungsprozess der Wing Stores berücksichtigt werden)**

Verfügbarkeit in ca. 2 Jahren

SFB 641: Die troposphärische Eisphase „TROPEIS“



Reinigt Eis und Schnee die Atmosphäre?



Projektinformation:

Sinnbilder der Luftverschmutzung sind dunkle Ruß- und Rauchwolken, die bei Verbrennungsprozessen aus Auspuffrohren, Schornsteinen und Flächenbränden in die Atmosphäre aufsteigen.

Ruß – eine Mischung aus elementarem und organischem Kohlenstoff – wirkt als Eiskern bei der Bildung von Eiskristallen in der Wolke.

Je mehr Eiskeime vorliegen, umso kleiner werden die entstehenden Eiskristalle – die Wolke wird weicher. Dieser Lichtstreuungseffekt ist wichtig für das Klima.

Weitere Luftverunreinigungen können auf der Oberfläche der Eiskristalle gemeinsam mit Wasserdampf und unterkühlten Wolkentropfen aufgenommen werden.

Durch Wachstum der Eiskristalle bis in die Dimension von mehreren Millimetern entsteht Niederschlag. Wird das Wachstum durch die aufgenommenen Spurenstoffe gestört, kann die Niederschlagsbildung beeinträchtigt werden (indirekter Klimaeffekt).

Großgewachsene Eiskristalle fallen aus der Wolke heraus und erreichen, abhängig von der Fallhöhe, als Schneeflocke oder aufgetaut

als Regentropfen mit den aufgenommenen Luftverunreinigungen den Erdboden.

Die Atmosphäre wird durch die Niederschlagsbildung gereinigt.

Sofern die bei der Niederschlagsbildung aufgenommenen Stoffe jedoch menschlichen Ursprungs sind, besteht die Gefahr, dass Ökosysteme am Boden durch Schnee und Regen mit unnatürlichen Substanzen verunreinigt werden.

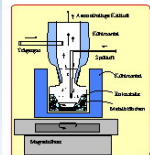
Im Teilprojekt „Wechselwirkung flüchtiger Organika mit luftgetragenen Eiskristallen“ werden physikalische und chemische Details des Selbstreinigungsprozesses der Atmosphäre und des Ferntransports der Spurenstoffe im Labor, in Feldstationen und mit Flugzeugen untersucht.

Projektleitung:

Dr. Elke Fries, Prof. Dr. Wolfgang Jaschke, Institut für Meteorologie und Geophysik, AG Atmosphärische Umweltforschung und Prof. Dr. Wilhelm Püttmann, Mineralogie – Umweltanalytik

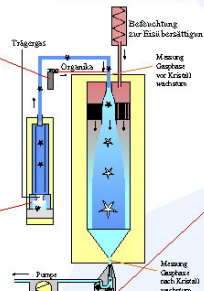
Kammerexperimente

Wachstumswirkung ausgewählter Organika (MTBE, TBA, BTEX u.a.) mit luftgetragenen Eiskristallen



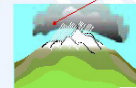
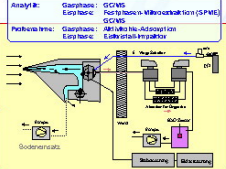
Blickstahlmikroskop

Arbeitsprogramm



1. Kältekammer

Feldmessungen



2. Bergstationen



3. Flugzeuge