

Diss. ETH No 13734

# Modelling Deposition and Resuspension of Particles on and from Surfaces

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZÜRICH

for the degree of  
Doctor of Technical Science

presented by

**Philip Lengweiler**  
Dipl. Ing. ETH Zürich  
born 14 May 1970  
Roggwil (TG), Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. K. Daniels, examiner  
Prof. Dr. P. V. Nielsen, co-examiner

Zürich 2000

## Abstract

Indoor air contains particles which can affect the health of people, whether the particles themselves or contaminants transported by the particles. To study the health risk for occupants in a room it is necessary to find out which kind of particles are suspended in the air, where they come from, how they are transported and how they are distributed in the air.

At present, filtered mechanical ventilation is the only effective means of airborne particle control. Through the large pressure drops associated with membrane filtration, significant energy costs may be incurred. An alternative to filtration might be the enhancement of aerosol deposition on a ribbed surface.

In sensitive rooms like clean rooms or operating theatres the greatest source of contamination is people and the production processes. Even a person dressed in a clean room garment can generate thousands of particles simply by walking around. Again, knowing the processes of deposition and resuspension of particles can help to keep contaminant generation to a minimum.

A dominant process for reducing the airborne particle concentration, whether in rooms or in ventilation systems, is deposition on surfaces. On the other hand, walking into a room results in resuspension which can double the amount of suspended particles. Therefore, the physical processes of deposition and resuspension have to be well understood before predictions of the health risk of a room are attempted by e.g. Computational Fluid Dynamics (CFD).

This work introduces new functions based on experiments to model deposition and resuspension rates in dependence on the surface orientation as well as on the turbulent kinetic energy of the air. Moreover, the development of the dust building up on the surfaces is shown as a function of time.

It is found that the deposition on walls and ceiling of a room has a non-negligible influence on the airborne dust concentration. Moreover, resuspension due to air motion is much larger than expected from theory.

## Zusammenfassung

Raumluft enthält Partikel, welche die Gesundheit von Leuten beeinträchtigen können, sei es durch die Partikel selber oder durch Schadstoffe, die auf den Partikeln transportiert werden. Um das Gesundheitsrisiko für die Benutzer eines Raumes studieren zu können, ist es nötig zu wissen, welche Partikel in der Luft vorhanden sind, wo sie herkommen, wie sie in der Luft transportiert und verteilt werden.

Zur Zeit ist die mechanische Lüftung mit Luftfilterung die einzige funktionierende Massnahme, um die Konzentration der Partikel in der Luft zu kontrollieren. Durch den Querschnittsfilter entsteht ein grosser Druckverlust, der hohe Energiekosten verursachen kann. Als Alternative könnte eine gerippte Oberfläche dienen, die eine erhöhte Ablagerung von Partikeln zu Folge hat.

In hygienisch anspruchsvollen Räumen, zum Beispiel Reinräume oder Operationsräume, sind die Personen und die Produktionsvorgänge die grössten Verunreinigungsquellen. Selbst wenn die Personen mit speziellen Reinraumkleidern gekleidet sind, werden durch normales Gehen Tausende von Partikeln generiert. Auch in diesen Fällen ist es wichtig, den Prozess der Partikelablagerung und -wiederaufwirbelung zu kennen, um die Luftverunreinigung zu minimieren.

Ein entscheidender Vorgang um die Konzentration der Partikel in der Luft zu verringern, ist die Ablagerung auf Oberflächen. Andererseits kann das Gehen auf dem Boden zu einer Verdoppelung der Partikelkonzentration in der Luft führen. Darum müssen die physikalischen Vorgänge der Ablagerung und der Wiederaufwirbelung von Partikeln gut bekannt sein bevor Vorhersagen über das Gesundheitsrisiko eines Raumes, zum Beispiel mit Computational Fluid Dynamics (CFD), gemacht werden können.

Diese Arbeit zeigt neue Funktionen, die mit Hilfe von Experimenten gefunden wurden, um die Ablagerung und die Wiederaufwirbelung in Abhängigkeit der Oberflächenorientierung und der turbulenten kinetischen Energie der Luft zu modellieren. Zudem wird die Menge der abgelagerten Partikel als Funktion der Zeit aufgetragen.

Die Ablagerung auf den Wänden und der Decke eines Raumes hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Partikelkonzentration in der Raumluft. Ausserdem ist die Wiederaufwirbelung bedingt durch die Luftströmung viel grösser als aufgrund der Theorie angenommen werden kann.

## Sammenfatning

Luften inden døre indeholder partikler, som enten i sig selv eller som foureningsbærere kan være sundhedsskadelige. For at undersøge sundhedsrisikoen for mennesker er det nødvendigt at bestemme hvilken type partikler, der er tilstede i rumluften, hvor de kommer fra samt hvordan de transporteres og spredes i rumluften.

I dag er filtreret mekanisk ventilation den eneste effektive metode til at kontrollere mængden af luftbårne partikler. Det store tryktab, der er forbundet med filtrene, kan medføre betydelige energiudgifter. Et alternativ til filtrene kunne være ribbede overflader, som vil øge antallet af deponerede partikler.

I specielle rum, som fx rene rum og operationsstuer, er mennesker og produktionsprocesser de største forureningskilder. Selv en person iklædt en rentrumsdragt kan generere store mængder af partikler ved blot at bevæge sig rundt. Også her kan kendskab til deponering på overflader og frigivelse af partikler til rumluften være med til at holde foureningen på et minimum.

Med henblik på at nedbringe koncentrationen af luftbårne partikler i rum såvel som i ventilationsanlæg er deponering på overflader en vigtig proces. Samtidig medfører bevægelse i et rum, at deponerede partikler frigives, og antallet af partikler i rumluften kan således øges markant. Et grundigt kendskab til de fysiske processer, der vedrører deponering og frigivelse af partikler, er derfor en forudsætning for at kunne forudsige sundhedsrisikoen i et rum fx ved hjælp af Computational Fluid Dynamics (CFD).

Dette arbejde præsenterer nye udtryk og sammenhænge baseret på eksperimentelle undersøgelser til modellering af partiklers deponerings- og frigivelseshastigheder som funktion af både overfladeorientering og luftens turbulente kinetiske energi. Desuden angives støvophobningens udvikling på overflader som funktion af tid.

Resultaterne viser, at deponering på vægge og loft i et rum har en ikke-negligérbar indflydelse på koncentrationen af luftbåret støv. Derudover er frigivelsen af partikler som følge af bevægelse væsentligt større end forventet på baggrund af teorien.