

Bogen til podcasten med
mange illustrationer



Sven Rentschler

Misforståelser inden for ventilations- og luftrensningsteknik



Rådgivning+ Planlægning

© cci Dialog GmbH, Karlsruhe

Alle rettigheder forbeholdes.

ISBN: 978-3-922420-74-3

Denne bog, inklusive alt indhold, er beskyttet af ophavsret. Den må ikke reproducere, hverken helt eller delvist, i nogen form eller på nogen måde, hverken elektronisk eller mekanisk (ved fotokopiering, optagelse eller på anden måde med eksisterende eller fremtidige systemer) uden forudgående skriftlig tilladelse fra forlaget.

Forlaget og forfatteren påtager sig intet ansvar for aktualiteten, korrektheden, fuldstændigheden og kvaliteten af de tilgængelige oplysninger. Trykfejl og forkerte oplysninger kan ikke udelukkes fuldstændigt.

1. udgave 2023

Forfatter: Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim

Fotos, billedkreditering: Rentschler REVEN GmbH

Layout, forside, tegninger, illustrationer: Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com

Redaktion: Eva Schwarz, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Tryk: Esser bookSolutions GmbH, Göttingen

Forlag: cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Karlsruhe

Det komplette program med egne titler og et eksklusivt udvalg af fagbøger findes på cci-dialog.de.

cci Buch er et varemærke tilhørende cci Dialog GmbH.

Kommentarer til podcasten

Resonansen under podcasten var så stor, at det nærmest var oplagt at lave en bog ud af det. Feedback, der taler for sig selv:



"... podcasten om luftstrømme gjorde mig nysgerrig efter mere ..."

"... jeg vil gerne lykønske Dem med den interessante podcast
"Misforståelser inden for ventilationsteknik og luftrensning" og takke for informationen ..."

„... mange tak for den virkelig interessante
fortsættelse ville jeg være glad
for. Jeg har været projektleder inden for ventilationsteknik i over 20 år og har fået en del
med mig til praksis og videre projekter. Jeg ville være glad, hvis jeg kunne bygge
kan bygge den næste køkkeninstallation sammen med Dem ..."

„... Jeg vil gerne complimentere dig for podcasten. Emnet er meget forståeligt, også for
personer som mig, der ikke er så fortrolige med emnet ...“

"... som opmærksom lytter til jeres podcast vil jeg gerne benytte lejligheden til at bestille
den fagbog, der er annonceret til 2023. Jeg ser frem til flere episoder om emnet luft – vores
mest værdifulde fødevare ..."

Tak

Jeg vil gerne rette en særlig tak til Gabriele Wiedemann og Eva Schwarz. Jeg har samarbejdet succesfuldt med begge to i mange år. For over ti år siden blev der i forbindelse med dette samarbejde udarbejdet en produktkatalog for vores virksomhed, REVEN GmbH, der omhandlede de samme emner som denne bog. Vi har også realiseret andre projekter i dette team, såsom den succesfulde implementering af vores virksomheds hjemmeside. De erfaringer, vi har fået gennem disse projekter, har bidraget væsentligt til denne bog.

Grafikken af fru Wiedemann og tekstrettelserne af fru Schwarz bygger på mange års fælles erfaringer og danner baggrund for en enestående forståelse af emnet. Samarbejdet om denne bog var behageligt og ukompliceret og førte til et resultat, som jeg ikke alene kunne have opnået i denne kvalitet.

Desuden vil jeg gerne rette en særlig tak til vores partnere i SCHAKO Group, som fra starten har støttet projektet med at skrive en bog og dermed har set muligheden for at understrege vores koncerns slogan "Pure competence in air."

Jeg vil også gerne takke mine kolleger Holger Reul, Sascha Kess og Vitali Lai for alle de inspirerende samtaler om emnerne ventilationsteknik og luftrensning i de seneste år, som har givet mig meget inspiration til denne bog.

Jeg ville være glad, hvis vi kunne fortsætte diskussionen og uddybe emnerne og tankerne fra denne bog. Du kan kontakte mig via LinkedIn. Jeg ser frem til at udveksle erfaringer med dig.

Forord

Da pandemien brød ud i 2020, blev korrekt udluftning et af de vigtigste emner i Tyskland. Overalt i landet blev der diskuteret sund luft i indendørs rum. Der var heftige debatter om, hvordan klasseværelser skal udluftes korrekt. Det blev ofte konstateret med forbløffelse, at mange kontorlokaler ikke kan forsynes med frisk luft via et ventilationsanlæg i bygningen. Hos producenter af kompakte rumluftrensere brød der pludselig en guldfeber ud. Overalt i landet blev der ført kontroversielle diskussioner om, hvordan luftforureningen i indendørs rum kan måles og evalueres. Der blev endda iværksat kampagner, der propagerede ren luft som det vigtigste næringsmiddel.

Hvor kommer dette store engagement så pludseligt og med en sådan intensitet fra? Mange af disse argumenter og spørgsmål har fulgt mig gennem hele mit arbejdsliv. I 1995 kom jeg til vores virksomhed, REVEN GmbH.

REVEN står for REntschler VENTilation. Ventilation er netop det, som REVEN GmbH har beskæftiget sig med i generationer, og som jeg selv har arbejdet med i årtier, først som teknisk direktør og nu som administrerende direktør. Luftrensere og ventilationsprodukter fra REVEN GmbH bruges til at sikre ren luft i erhvervsrum. Det drejer sig for eksempel om produktionshaller i fødevarerindustrien, anlæg inden for maskinbygning samt store køkkener og kantiner. Disse produktionsrum har alle én ting til fælles: Luften i rummene eller hallerne er ofte meget belastet og forurenset. At måle og analysere forureningsgraden i sådanne områder og filtrere og rense luften – det er de opgaver, vi har beskæftiget os med hos REVEN GmbH i årtier.

Siden begyndelsen af coronakrisen i 2020 var disse opgaver inden for luftrensning pludselig ikke længere kun relevante for industrien, men blev et tema i hele

Tyskland. Under de til tider meget lidenskabelige diskussioner faldt det mig i øjnene, at opgaverne i erhvervs- og privatsektoren i stigende grad lignede hinanden. På grund af den pludselige stigning i efterspørgslen blev nogle producenter imidlertid ikke længere så nøjagtige med angivelserne af rumluftrensernes ydeevne. Der blev fremsat mange påstande og endnu flere løfter. Ventilationsvirkningen, filterydelsen og effektiviteten af mange løsninger er – især for lægfolk – næsten umulige at forstå og førte til misforståelser i debatten. Disse misforståelser, for eksempel med hensyn til ren luft og passende rumluftrensning i klasseværelser, ligner de misforståelser, der gennem mange årtier har forankret sig som halve sandheder i branchen.

Denne bog skal give et overblik over, hvilke misforståelser og halve sandheder der findes om emnet ventilation, og hvor disse misforståelser stammer fra, både i privat og industriel sammenhæng.

Jeg vil ikke forklare de enkelte emner for videnskabeligt, men snarere på baggrund af erfaringer, som jeg har samlet siden 1995 i mit arbejde og min praksis hos REVEN GmbH. Allerede under min maskinteknikstudium ved universitetet i Stuttgart fik jeg indblik i de vigtige opgaver inden for succesfuld teknologi- og innovationsledelse. Dermed fik jeg værdifuld viden om innovativ produktudvikling og vidensudveksling mellem forskning og praksis.

Med denne bog ønsker jeg at understøtte denne udveksling yderligere og uddybe den inden for ventilations- og luftrensningsteknik for at fjerne nogle misforståelser.

"I vores forurenede miljø bliver luften langsomt synlig."

(Norman Kingsley Mailer (1923– 2007), amerikansk forfatter)

Indholdsfortegnelse

Tak	3
Forord	4
1. Hvordan kan noget suges ud?	9
1.1. Misforståelser vedrørende registrering af luftforurening	12
1.2. Blæse kan hjælpe med registrering og udsugning!	22
2. Hvordan kan noget filtreres?	27
2.1. Misforståelsen vedrørende forskellen mellem filtrering og udskillelse.....	29
2.2. Hvirvelstrømme kan hjælpe med at rense luften!	35
3. Hvordan kan dampe og lugte fjernes?	47
3.1. Misforståelsen om forskellen mellem dampe og aerosoler	50
3.2. FID-måleinstrumenter kan være nyttige ved analyse af luftforurening!.....	57
4. Hvordan kan vi neutralisere vira og lugte?	65
4.1. Misforståelsen vedrørende UV-C-stråling	68
4.2. Kan UV-C-stråling fjerne aerosoler?	77

5. Hvordan kan luftstrømme gøres synlige?	87
5.1. Misforståelsen på grund af de farverige billeder af luftstrømme	90
5.2. CFD-simuleringer gør luftstrømme synlige!	95
6. Hvordan kan luftforurening måles?	105
6.1. Misforståelsen vedrørende luftkvaliteten i indendørs rum.	114
6.2. Partikelmålinger gør luftforurening synlig!	126
Afsluttende bemærkninger	132

1. Hvordan kan noget suges op?

?



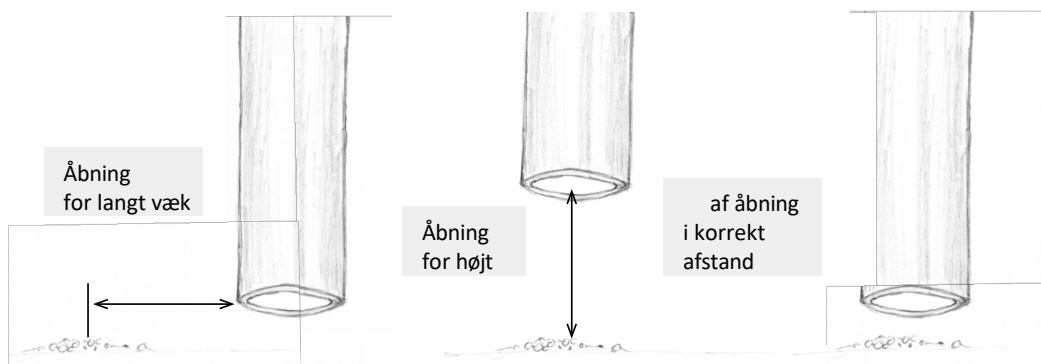
Hvordan kan noget blot suges ud? Det er egentlig et simpelt spørgsmål, som alle kolleger inden for ventilations teknik umiddelbart ville kunne svare på! Men er effektiv udsugning virkelig så enkelt og trivielt, som man umiddelbart skulle tro?

Praktisk eksempel: støvsugeren

Her er et simpelt eksempel, som vi alle kender: støvsugning – uanset om det er i vores elskede bil eller i stuen derhjemme. Når vi støvsuger, vil vi fjerne snavs, såsom brødkrummer fra tæppet. Jo tættere vi holder støvsugermundstykket på krummerne på tæppet, jo nemmere og hurtigere bliver de suget op. Vi opnår den bedste effekt, når vi holder støvsugermundstykket direkte over snavset. Før vi ved af det, er krummerne forsvundet i støvsugeren.

Det er svaret på spørgsmålet om, hvordan man støvsuger noget godt! Man skal fange det hundrede procent. Først da kan det støvsuges helt. I vores eksempel måtte vi holde støvsugermundstykket direkte over brødkrummerne på tæppet for at støvsuge dem godt og helt.

Den rigtige sugeposition



Figur 1

Dette grundprincip skal anvendes i ventilationsanlæg overalt, hvor brugt og forurenset luft skal suges ud fuldstændigt – i klasseværelser, hvor luft med virus skal fjernes, i svejsehal, hvor svejserøg skal opsamles, i køkkener, hvor madlavningsdamp skal suges ud, og i maskinbygning, hvor fordampede køle- og smøremidler skal opsamles på moderne værktøjsmaskiner. I alle disse eksempler skal dampe, gasser, virusbelastet luft og aerosoler opsamles og udsuges i forskellige former.

Her skal man især være opmærksom på rækkefølgen:

Først opsamling, derefter udsugning!

1.1. Misforståelser i forbindelse med opsamling af luftforurening

Som vi lærte i vores eksempel i begyndelsen, kan brødkrummerne på vores tæppe kun støvsuges hurtigt og nemt, hvis vi holder mundstykket direkte over krummerne! Det samme gælder for ventilationsanlæg i køkkener. Det er vigtigt at holde den rigtige afstand, når man støvsuger. Det er ligegyldigt, om vi taler om et stort ventilationsanlæg i en fabrikskantine eller i vores private køkken derhjemme. Vores design-emhætte derhjemme er også underlagt det samme princip, der er beskrevet nedenfor, når det gælder opsamling og udsugning af køkkenos.

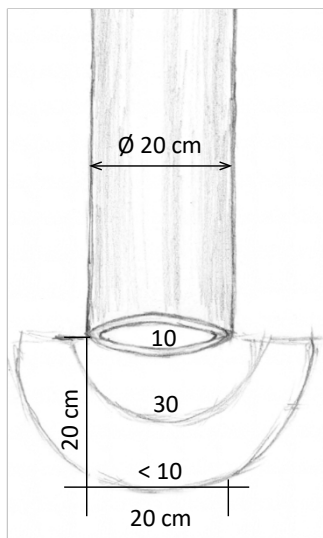
Misforståelse

Forholdet mellem sugeeffekt og afstand til sugeslangen

Sugekraften direkte ved åbningen af et udsugningsanlæg er hundrede procent. Det gælder også for dysen på vores støvsuger! Også her opnås den højeste sugekraft direkte ved dysens åbning. Jo længere vi bevæger os væk fra dysens åbning, jo mindre bliver sugekraften.

Hvad der ofte undervurderes, er i hvor høj grad sugekraften aftager. Ved et sugeslange med en diameter på tyve centimeter er sugekraften kun 10 % af den oprindelige sugekraft i en afstand af tyve centimeter fra åbningen.

Sugekraft i forhold til afstanden



100 % Sugekraft direkte ved rørindgangen

Sugekraften aftager kraftigt med stigende afstand fra sugeledningsindgangen.

Sugekraften er kun ca. 10 %, hvis afstanden mellem sugeslangen og rørdiameteren (her 20 cm) er den samme.

Figur 2

Hvis afstanden mellem et sugeledning og forureningen er lige så stor som rørets diameter, er sugesugereffekten kun ca. 10 %.

Denne lovmæssighed gælder for alle typer sugesugearbejdsordninger, uanset om det drejer sig om en støvsuger eller en emhætte i hjemmet, et ventilationsanlæg i en industriel svedevirksomhed eller et stort ventilationsloft i en fabrikskantine. Hvis afstanden mellem sugesugearbejdsordningen og det sted, hvor de frigivne skadelige stoffer skal opsamles, er for stor, er sugesugereffekten nul. I langt de fleste tilfælde er dette allerede tilfældet ved afstande på 30 til 50 centimeter!

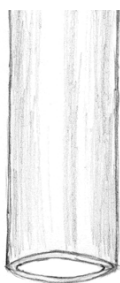
Misforståelse

Højere effektivitet med strømningsoptimerede dyseplader

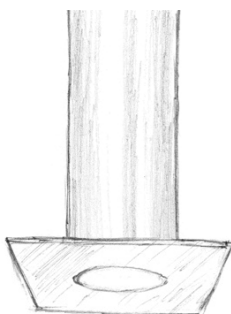
Der opstår også ofte misforståelser med hensyn til effektivitet. I mange tilfælde hersker der en overbevisning om, at såkaldte strømningsoptimerede dyseplader bidrager til en mere effektiv udnyttelse af sugekraften. I dette tilfælde monteres en ekstra plade omkring sugeslangen. Røret sidder centralt i en åbning i pladen, og overgangen fra pladen til sugeslangen er formet som en indstrømningsdyse med en radius. Denne indstrømningsdyse skal optimere luftstrømmen i sugeområdet og dermed sikre en mere effektiv udsugning. Sammenligner man imidlertid et sugeslange med strømningsoptimeret dyseplade med en konventionel sugeslange med plade uden indstrømningsdyse, kan der kun konstateres mindre fordele.

Dyseplader

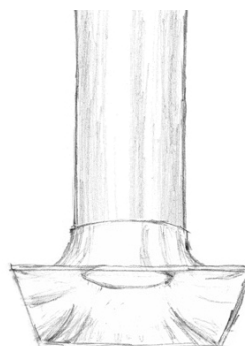
Dyseplader er nyttige til at "lede" luftstrømmen, men har kun en ubetydelig indvirkning på sugeeffekten.



Sugerør uden
dyseplade



Sugerør med
påflansket plade



Sugerør med
dyseplade

Figur 3

Eksperiment – Slukning af en stearinlysflamme ved at suge

For at illustrere dette tager vi et eksempel med en stearinlys. Har du nogensinde prøvet at slukke et stearinlys ved at suge luft ind? Jeg kan kun advare dig: Prøv det hellere ikke! I forbindelse med foredrag om dette emne udfører jeg regelmæssigt dette eksperiment foran et publikum, og jeg brænder næsten altid mine læber, da jeg er nødt til at bringe sugepunktet, dvs. min mund, meget tæt på lyset for overhovedet at kunne påvirke flammen. Det lykkes dog sjældent at slukke flammen ved at suge!

Dette enkle eksempel viser tydeligt, hvor begrænset sugeeffekten er, og hvor vigtigt det er at være tæt på sugepunktet, når vi vil fange og suge noget.

Misforståelse

Afstanden til luftrenserenes indsugningsåbning er ikke så vigtig

På grund af denne misforståelse begås der ofte fejl i praksis: I luftrensere i skoler, ventilationsanlæg ved svejseanlæg, emhætter over komfurer og aerosoludskillere på værktøjsmaskiner er indsugningsåbningerne ofte placeret alt for langt fra emissionsstedet. Med støvsugeren kan vi hurtigt løse dette problem ved at flytte sugedysen hen til snavset. Med fastmonterede emhætter er dette desværre ikke muligt. Her skal madlavningsdampene nå frem til emhættens sugeområde, ellers bliver køkkenet simpelthen ikke opfanget og kan derfor heller ikke suges væk.

CFD-simulering

Registrering og udsugning af luftstrømme og de indeholdte skadelige stoffer kan simuleres, visualiseres og analyseres i detaljer med passende softwareløsninger. Til dette formål anvendes numerisk strømningssimulering, også kaldet CFD-simulering. CFD er en forkortelse for Computational Fluid Dynamics. Ved hjælp af denne simuleringsmetode kan de mest forskelligartede luftstrømme synliggøres, og effektiviteten af udsugningen kan vurderes.

Vores interne erfaringer

I vores virksomhed har vi blandt andet undersøgt effektiviteten af opsamling og udsugning af konventionelle emhætter. De første numeriske strømningssimuleringer blev udført hos os allerede i 1996. Analysen af de dengang endnu ret enkle simuleringer og beregningen af resultaterne tog ofte flere dage.

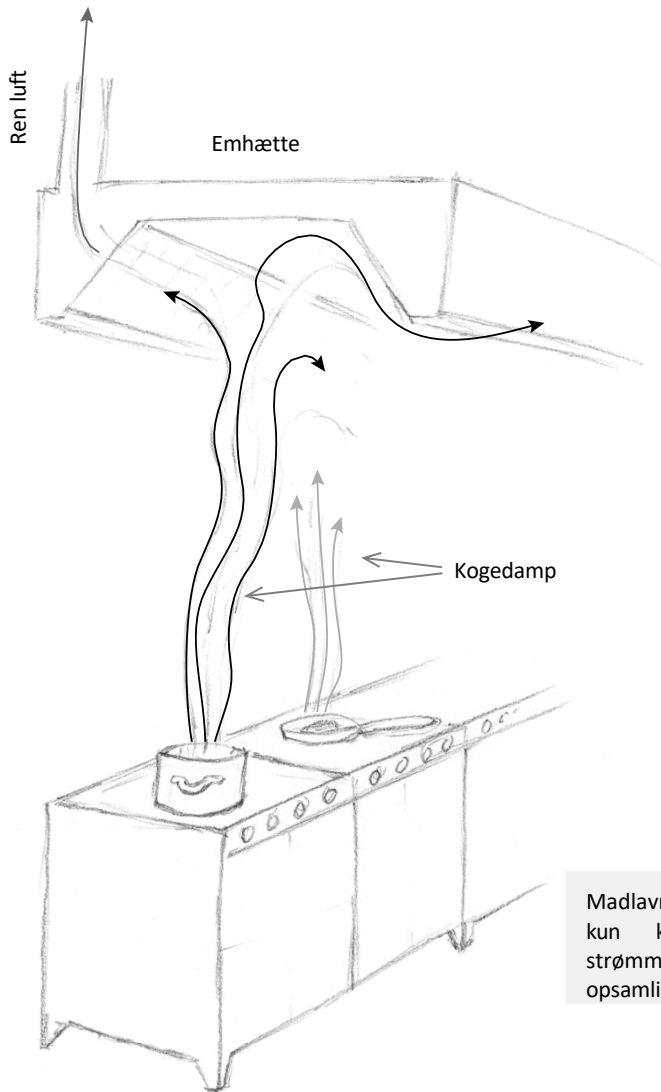
Siden da har denne teknologi udviklet sig hurtigt, og nu er resultaterne tilgængelige på en brøkdel af tiden. I dag er de meget mere nøjagtige og informative, også for meget komplekse komponenter, såsom ventilatorer.

Takket være denne udvikling kan man nu ikke kun analysere og visualisere luftstrømme for enkelte komponenter, men for hele rum!

Betydning for køkkenventilation

Denne analyse er især vigtig for udsugningsanlæg, der er placeret langt fra emissionskilden, f.eks. en emhætte, der er installeret i stor afstand fra kogepladen. Køkkenemhætten kan kun opfange madlavningsdampene, der kommer direkte ind i dens opfangningsområde. Hvad betyder det konkret? Dampene fra gryderne skal strømme direkte ind i køkkenemhættens indsugnings- og filterområde, når de stiger op.

Køkkenventilation



Madlavningsdamp opsuges kun korrekt, hvis den strømmer ind i emhættens opsamlingsområde.

Figur 4

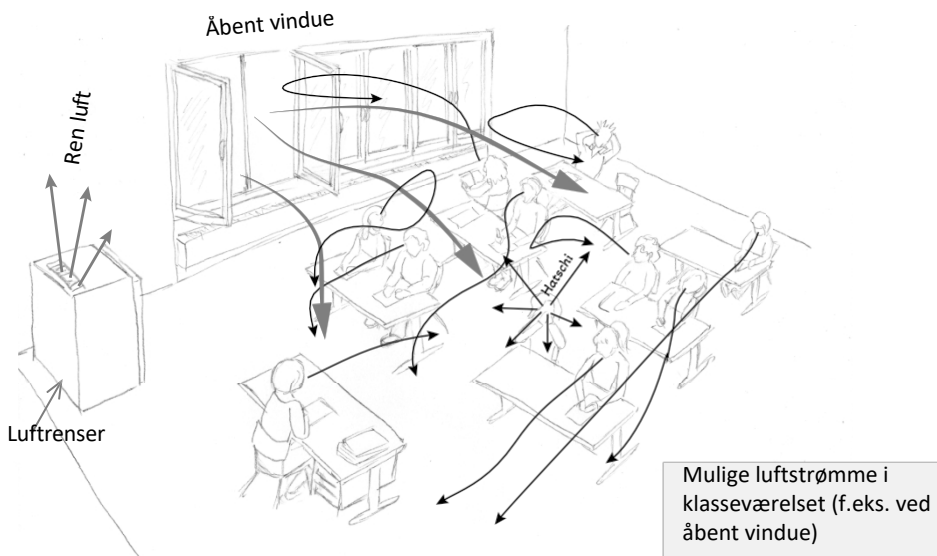
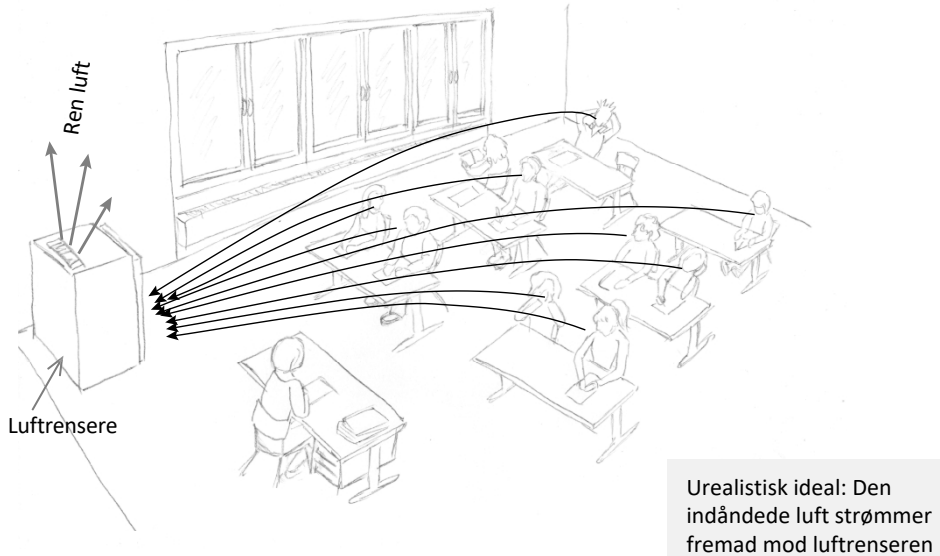
Betydning for luftrensning i klasseværelser

Hvis luften i et klasseværelse skal renses kontinuerligt for vira under undervisningen, skal den kunne strømme uhindret mod de luftrensere, der er opstillet i rummet, så den kan opfanges og renses der. Ofte er det nok at åbne et vindue på klem for at aflede luftstrømmen, så den ikke længere opfanges og renses tilstrækkeligt.

En dårligt udtænkt frisklufttilførsel kan have en lige så ugunstig indflydelse på udsugningen som et åbent vindue, hvor vinden blæser igennem. Med de moderne CFD-systemer kan disse vekselvirkninger undersøges, identificeres og undgås. Kun på denne måde kan en fuldstændig opfangning virkelig opnås.

CFD-undersøgelser af vores egne luftrensere og emhætter har også bekræftet den tidligere beskrevne lovmæssighed: Jo længere emhætternes indsugningspunkter er fra gryder og pander, desto mindre sandsynligt er det, at maddampene kan opsamles og suges ud fuldstændigt. Man har konstateret noget lignende med luftrensere i skoleklasser: Jo længere væk de blev opstillet fra det område, hvor virusserne blev udledt, desto mindre sandsynligt var det, at den virusbelastede luft blev opfanget og suget ud.

Ventilation i skolen

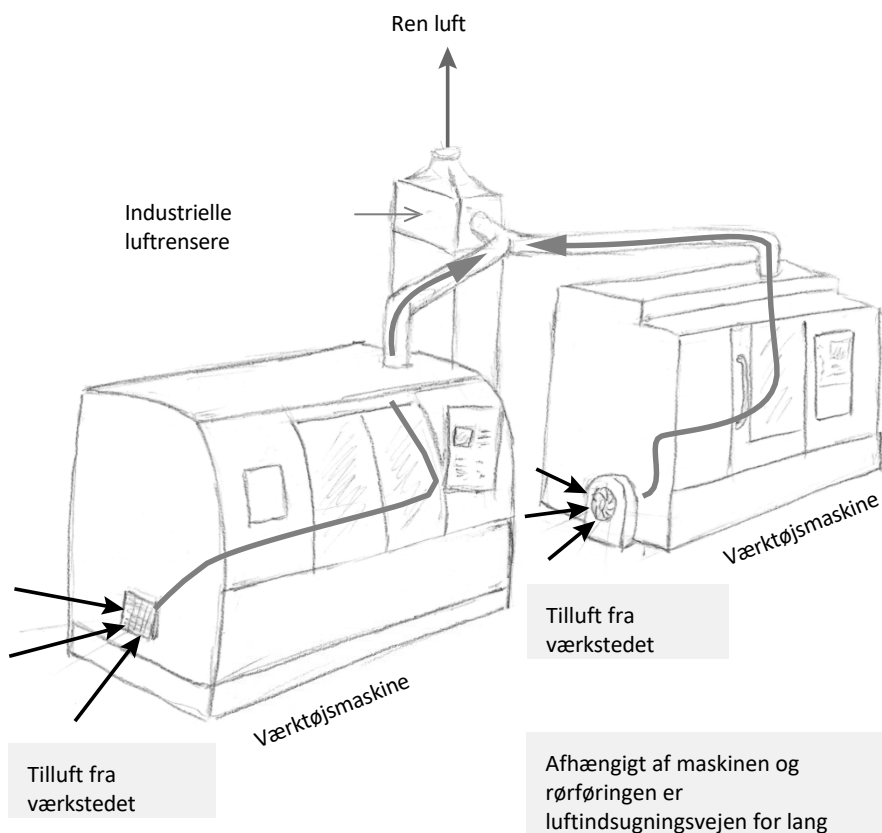


Figur 5

Betydning for udsugning i maskinteknik

Det var netop denne observation, vi gjorde ved simulering af komplekse strømningsforhold i udsugningsanlæg på moderne værktøjsmaskiner. Også her er udsugningen af luften, der er belastet med køle- og smøremiddel-aerosoler, meget ofte yderst ineffektiv, da luftrensernes indsugningssted er alt for langt væk fra den egentlige bearbejdning af emnerne, hvor aerosolerne dannes.

Industrielle luftrensere



Figur 6

Misforståelse

På et tidspunkt strømmer de skadelige stoffer til udsugningsstedet.

Inden for ventilations- og luftrensningsteknik støder vi gang på gang på den fejlagtige antagelse, at luft, der er forurenet med skadelige stoffer, vira eller aerosoler, før eller senere vil strømme ind i det område, hvor den kan opsamles og udsuges. I mange tilfælde sker dette imidlertid ikke. De ikke opsamlede aerosoler og andre skadelige stoffer forårsager derefter en betydelig belastning af luften i omgivelserne.

1.2. Blæsning kan hjælpe med opsamling og effektiv udsugning!

Men hvad skal man gøre, hvis det ikke er muligt at flytte udsugningsområdet tættere på forureningskilden? I dette tilfælde kan man gøre det samme som når man slukker en stearinlysflamme:

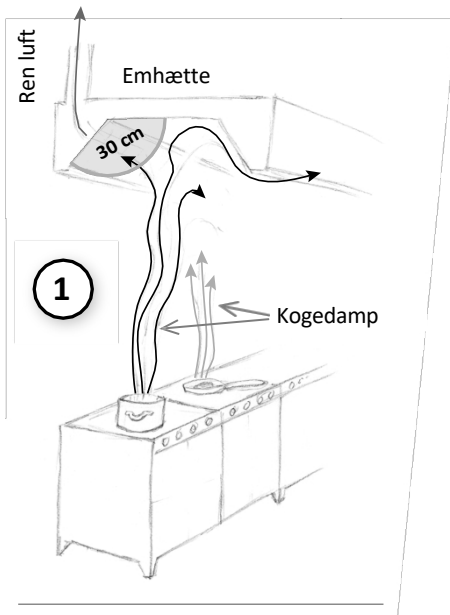
Blæs i stedet for at suge!

Overført til ventilationsteknik betyder dette, at den luft, der skal opsamles, sammen med de indeholdte vira, aerosoler og andre skadelige stoffer, skal føres så hurtigt som muligt ved hjælp af understøttende blæsning til det sted, hvor indsugningskraften fra luftrensere, emhætter eller ventilationsanlæg er størst, dvs. direkte ind i området omkring deres indsugningsåbninger (-).

Blæseflow til storkøkkener

For at opnå dette har REVEN GmbH udviklet moderne emhætter med et integreret induktionssystem. En induktionsstrøm sørger pålideligt for, at madlavningsdampene fra komfurerne strømmer direkte og meget hurtigt ind i filter- og indsugningsområdet, hvor de kan opsamles og suges ud.

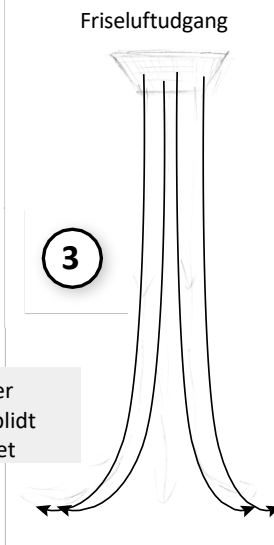
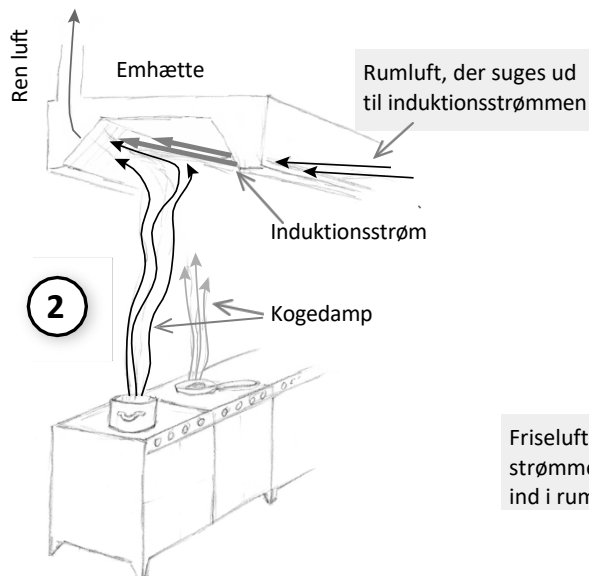
Køkkenventilation



1. Maddamp kan kun suges ind (registreres) inden for en radius af 30 cm foran separatoren. Uden for dette område kan maddampen trænge ud i rumluften.

2. En induktionsstrøm blæser madlavningsdampene mod separatoren. På denne måde opfanges **alle** madlavningsdampene.

3. Tilført luft med den rette temperatur ledes ind uden forstyrrelser og understøtter opfangningen af madlavningsdampene.



Friseluft, der strømmer blidt ind i rummet

Figur 7

Ekstra frisk luft

Opsamlingen med moderne emhætter af denne type kan desuden understøttes ved optimeret indblæsning af frisk luft.

Den friske luft tilføres rummet med få impulser ved hjælp af en fortrængningsluftstrøm. På denne måde sikrer vi, at friskluftens hastighed holdes meget lav, når den blæses ind, og at andre luftstrømme i rummet ikke forstyrres. Også dette scenario kan analyseres og visualiseres med CFD-systemer.

Blæsestrøm til værktøjsmaskiner

Det samme princip kan også anvendes på værktøjsmaskiner. Her skabes en luftstrøm i maskinens kabine, der strømmer i retning af luftrenseren og sikrer, at køle- og smøremiddel-aerosoler kan opsamles og suges effektivt. Optimering af udsugningen i maskinkabiner begynder ofte med det enkle spørgsmål: Hvis vi udsuger tusind kubikmeter luft i timen øverst på en værktøjsmaskine, hvor kan den så strømme ind i kabinen? Hvis der ikke er nogen mulighed for at sikre, at luften strømmer ind, får vi et meget højt undertryk i kabinen, men ingen målrettet luftstrøm i retning af luftrenseren.

Praktisk eksempel: Undertryk

Efter installation af luftrensere på meget godt indkapslede slibemaskiner opstod der flere gange det problem, at betjeningsdøren til værktøjsmaskinen ikke kunne åbnes, fordi undertrykket i kabinen var alt for højt!

2. Hvordan kan noget filtreres?



Hvordan kan noget filtreres? I grunden er det et lige så simpelt spørgsmål som det om effektiv udsugning, der blev forklaret tidligere. Du kan sikkert gætte, at svaret heller ikke her er helt så enkelt.

Effektiviteten af mange processer inden for ventilationsteknik og luftrensning er baseret på en effektiv opsamling og udsugning, herunder også rensning af luften for skadelige stoffer. Hvis f.eks. den virusbelastede luft i et klasseværelse ikke opsamles og udsuges fuldstændigt, kan den heller ikke renses pålideligt for vira. Det gælder i princippet også for et stort svejseværksted i en maskinfabrik. Den frigivne svejserøg indeholder skadelige stoffer og skal opsamles og udsuges fuldstændigt. Kun på denne måde kan rumluften effektivt renses for alle forureninger.

En effektiv og fuldstændig luftrensning omfatter derfor tre meget vigtige processer:

*Opsamling,
udsugning,
g,
rensning*

Det tredje trin – rensning af luften – er det emne, vi skal beskæftige os med her. Også her er der nogle misforståelser, som jeg gerne vil afklare. Lad os starte med spørgsmålet:

"Hvordan kan luften renses for skadelige stoffer?"

Forurenende stoffer skal filtreres ud af luften, det er jo logisk! Det er det oplagte svar. Imidlertid vinder separatorer også stadig større indpas i luftrensningssektoren. Det mest kendte eksempel herpå er de cyklonstøvsugere fra den verdensomspændende virksomhed Dyson, der fungerer uden filtre.

Denne teknologi fungerer i princippet som en mini-hvirvelstorm. Luften sættes i rotation, og der dannes luftvirvler, som med deres høje hastighed slynger partikler ud af luften. Denne metode er også velegnet til udskillelse af luftbårne skadelige stoffer. Der opstår dog ofte misforståelser, da udskillelse ofte forveksles med filtrering.

2.1. Misforståelsen vedrørende forskellen mellem filtrering og udskillelse

Tekstilfiber

Vi kan også forklare filtreringsprincippet ved hjælp af støvsugeren. Støvsugerposer bruges til at rense den luft, som støvsugeren opsamler og suger ud. Disse poser er ofte lavet af tekstilfiber. Luften kan strømme gennem dette finmaskede fibermateriale, men støvpartiklerne bliver tilbageholdt og adskilt fra luftstrømmen.

Filter til svævende partikler af glasfiber

Sådan fungerer grundlæggende alle former for filtrering i ventilationsteknik- , også ved meget høj kvalitets filtre til svævende partikler. Her anvendes dog andre filtermaterialer. I stedet for tekstilfiber anvendes glasfibermåtter til disse filtre. Disse måtter er også luftgennemtrængelige, men vævet er meget finmasket i forhold til støvsugerposen. Fibrene i filtre til svævende partikler har en diameter på ca. 1 til 10 mikrometer, dvs. 0,001 til 0,01 millimeter. Dermed kan de filtrere meget mindre partikler ud af luftstrømmen end tekstilfiber.

Filtre af metalstrik

Dette filterprincip findes også i mange almindelige emhætter til privat brug. I disse emhætter anvendes ofte metalfiltre. De består som regel af et aluminiums- eller rustfrit stålnet, der i princippet ligner tekstilfiber eller glasfibermåtte, men med en betydeligt grovere struktur.

Det relativt grove metalfilter anvendes her, fordi det er betydeligt mindre følsomt. Uanset om det er i hjemmet eller i erhvervskøkkener, har emhætter til opgave at adskille flydende aerosoler fra luftstrømmen. Her skal ikke tørt støv som ved

støvsugere, men flydende partikler som vand- og oliedråber, der skal filtreres ud af luften. Det er en væsentlig og meget vigtig forskel, som ofte ikke får særlig meget opmærksomhed.

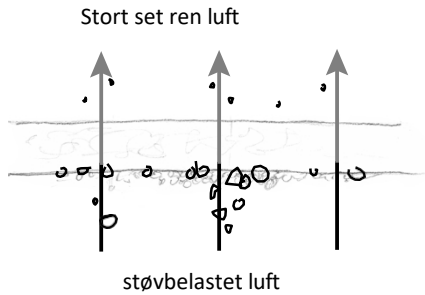
Alle typer filtre opsamler og opbevarer det, der adskilles fra luftstrømmen. Mængden af filtrerede stoffer i filteret øges derfor konstant. I støvsugerposen opsamles det tørre støv, indtil posen er helt fyldt med støv og skal skiftes.

Hvis det materiale, der filtreres ud af luftstrømmen, er væskedråber, er det ofte betydeligt mere kompliceret at opsamle disse stoffer.

Filtre af metalvæv opbevarer de filtrerede små dråber fra forskellige væsker direkte i filtermediet. Denne ophobning af forskellige væsker kan føre til alvorlige problemer!

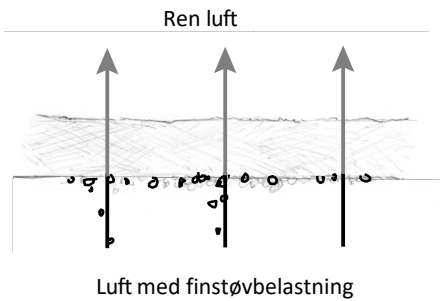
Ofte er lagerkapaciteten af filtre af metalnet meget lav. Det betyder, at disse filtre kan tilstoppe allerede ved små mængder lagret væske. Derfor er de som regel udført med ret grove masker. På den måde tilstopper de ikke længere, men med den gennemstrømmende luft passerer mange mindre partikler også gennem filteret og bliver ikke adskilt fra luftstrømmen.

Forskellige filtre



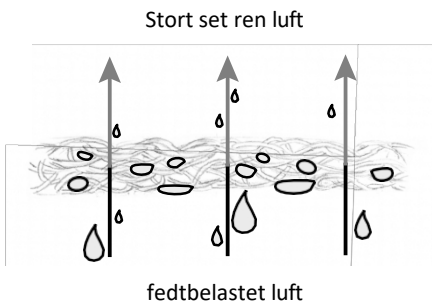
Filtreringsfilter

Fleece (f.eks. støvsugerposer) holder støv tilbage fra den gennemstrømmende luft. De mindste støvpartikler kan dog passere gennem fleece.



Glasfiberfilter

Glasfiber er finere end et filter og kan filtrere selv de mindste støvpartikler i nanostørrelse, dvs. tilbageholde dem.



Metalfilter

I køkkenet er det vigtigste ved et metalnet at filtrere fedtpartikler. Afhængigt af størrelsen bliver dråberne hængende i nettet. De mindste dråber kan dog passere gennem nettet.

Figur 8

Fare for bakteriedannelse

I fødevarerforarbejdende virksomheder og også i fremstillingsindustrien kan opbevaring af væsker i filtre også føre til hygiejniske problemer. Ved temperaturer omkring 20 grader Celsius kan bakterier i kombination med fugt meget hurtigt formere sig i filtrene. Derfor er det ofte ikke tilrådeligt at opbevare og opsamle væsker over en længere periode, og det anbefales på det kraftigste at rengøre eller udskifte filtrene regelmæssigt.

Brandfare

Hvis de filtrerede stoffer er olie eller fedt, udgør den væske, der opbevares i filteret, en stigende brandfare! Dette er en kendsgerning, der ofte glemmes.

Eksempel fra virksomhedens historie

Jeg husker stadig godt et stort møde hos en verdensomspændende værktøjsproducent. Medarbejderne viste mig deres produktionsanlæg med hundredvis af slibemaskiner. Anlæggene til luftrensning i produktionsområdet var udstyret med store partikelfiltre, der kunne opbevare op til 100 liter væske. Problemet var, at den opbevarede væske var et meget tyndtflydende og let antændeligt køle- og smøremiddel. Ved brug af 50 filtre kan der således samles op til 5.000 liter væske! Da jeg under dette besøg spurgte virksomhedens medarbejdere om brandsikkerheden af disse 50 luftrensningsanlæg og de relevante beskyttelseskoncepter, så jeg skræmte ansigter overalt.

Mine spørgsmål og overvejelser om filtre i luftrensning er på ingen måde kun teoretiske overvejelser, men vedrører konkrete farer, og desværre har der allerede været tragiske brandkatastrofer, fordi problematikken med brandbelastning ikke blev taget tilstrækkeligt alvorligt.

Praktisk eksempel: Brand i maskinindustrien

I 2006 opstod der en ødelæggende brand i en maskinfabrik i Sydtyskland med et udsugningsanlæg, der lignede det ovenfor beskrevne. Brandskaden beløb sig til et tocifret millionbeløb. Produktionshaller og -anlæg på over 3.000 kvadratmeter blev fuldstændig ødelagt. Den formodede årsag til branden var en defekt værktøjsmaskine. Den hurtige spredning af ilden via ventilationskanalsystemet gjorde resten.

Praktisk eksempel: Brand i et hotelkompleks

En lignende katastrofe fandt sted i 1980 i et stort hotel med 2.000 værelser i Las Vegas. På tidspunktet for ulykken befandt der sig cirka 5.000 personer i hotelkomplekset. Branden startede i en restaurant på hotellet og spredte sig med lynets hastighed til hele bygningen. 85 personer mistede livet. Denne tragiske begivenhed regnes den dag i dag for en af de mest katastrofale hotelbrande i moderne amerikansk historie.

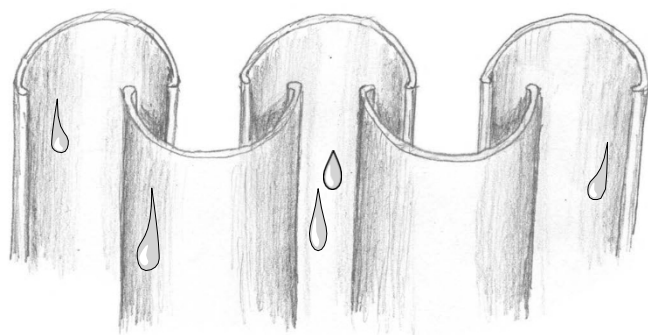
Sådanne brandkatastrofer førte i sidste ende til, at de tidligere beskrevne filtre af metalnet ikke længere blev anvendt i mange erhvervsområder. I erhvervskøkkener har de endda været forbudt i mange lande i årevis. I Nordamerika og de fleste europæiske lande må metalfiltre af denne type med opbevaring ikke længere anvendes i nye erhvervskøkkener på grund af den øgede brandfare.

Opfindelsen af prallpladeudskillere

Efter den katastrofale hotelbrand i Las Vegas blev der i USA udviklet alternativer til metalfiltre – såkaldte prallpladeudskillere. Denne type udskiller er konstrueret af rustfrit stålplader. Når luften strømmer igennem, bliver den omdirigeret mindst to gange

. Forskellen fra konventionelle filtre af metalnet er, at disse separatorer af rustfrit stålplader ikke opbevarer væske.

Prallblech-separatorer



Væsker som olie og vand adskilles ved stødpladerne og løber i bedste fald ned ad pladerne.

Figur 9

Misforståelse

Forskellig funktionsmåde for filtre og separatorer

Som vi har set, fungerer filtre og separatorer forskelligt. Men netop disse forskelle giver anledning til misforståelser. Ofte bliver egenskaber, funktionsmåder og oplysninger om effektivitet smidt i samme pulje. Nogle gange gør man sig ikke engang den ulejlighed at skelne klart mellem begreberne!

I ventilations- og luftrensningsteknikken er der altså ikke kun misforståelser med hensyn til forskellen mellem filtrering og udskillelse, men også med hensyn til funktionen og effektiviteten af separatorer af metalplader.

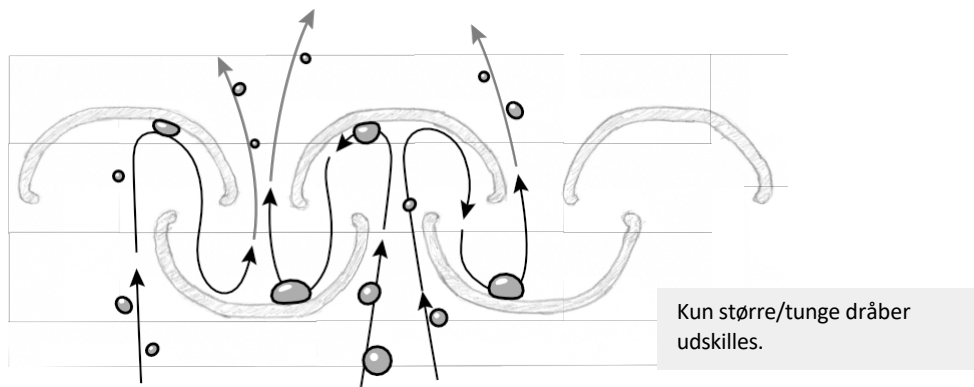
For at tydeliggøre forskellene skal vi først se på nogle vejrfænomener i naturen og deres indtog i luftrensningsteknologier.

2.2. Hvirvelvinde kan hjælpe med at rense luften!

Det lyder måske overraskende, men det er faktisk rigtigt. Orkaner, tyfoner, tornadoer og tropiske cykloner har været strømningsmæssige forbilleder for udviklingen af moderne separatorer af metalplader.

De første separatorer, der blev udviklet efter den store hotelbrand i USA, var enkle pladeseparatorer. To halvrunde, U-formede rustfrie stålplader er placeret forskudt over for hinanden. Luftstrømmen omdirigeres to gange på sin vej gennem separatoren, første gang når den rammer den første halvskal, og anden gang når den rammer den anden halvskal.

Princip for afskillelser med prægplader



Figur 10

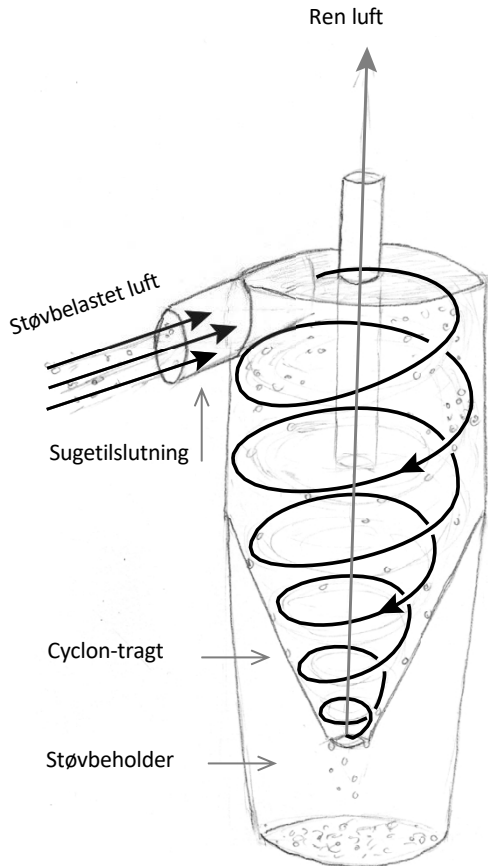
Halvskallerne i U-form er udformet med en radius eller bøjlet i en vinkel på 90 grader. I begge tilfælde er separeringseffektiviteten dog meget dårlig, da kun store luftbårne dråber adskilles fra luftstrømmen. Luftstrømmen

i en simpel separator af denne type er meget turbulent, og kun meget store dråber med en relativt høj vægt og høj inertie kan adskilles fra luftstrømmen, når de rammer og afbøjes. Mindre luftbårne dråber med en lavere vægt passerer med luftstrømmen gennem disse omledninger og bliver derfor ikke udskilt. Den eneste fordel ved disse enkle afskillelser var, at de ikke lagrede væske, men deres effektivitet ved udskillelse af partikler fra luftstrømmen var meget lav.

Tropiske orkaner som forbillede

Først da producenterne af separatorer tog naturen som forbillede og lærte af tropiske orkaner, lykkedes det dem at fjerne denne ulempe. Det mest kendte eksempel herpå er det tidligere nævnte firma Dyson med sine cyklonstøvsugere. En teknologi, der fungerer uden filter og i princippet som en mini-orkan. Luften sættes i en roterende strøm med meget høj hastighed, ligesom i en orkan. Jo højere rotationshastigheden er, desto mindre er de partikler, der kan slynges ud af luftstrømmen og dermed separeres.

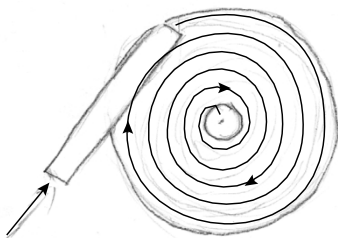
Princippet bag en cyklonstøvsuger



Den koniske form af cyklon-tragten får den indsugede luft til at bevæge sig i en spiral.

Centrifugalkraften slynger støvpartiklerne mod væggen.

Støvpartiklerne opsamles i en støvbeholder.



Cyclon-spiral set ovenfra

Figur 11

Det har naturligvis krævet meget forskning og udvikling at opnå den nødvendige viden om, hvordan man kan skabe sådanne kunstige hvirvelstrømme i lille skala i støvsugere, emhætter og luftrensere. Det kan helt sikkert ikke opnås med simpelt bøjede deflektorplader. Numerisk strømningssimulering, kort sagt CFD-simulering, anvendes også til udvikling og optimering af cyklon-teknologien. CFD står for Computational Fluid Dynamics. Ved hjælp af denne simulering kan de mest forskelligartede luftstrømme gøres synlige. Dette er dog ikke tilstrækkeligt til at optimere teknologierne til udskillelse. Også her opstår der ofte misforståelser inden for ventilationsteknik og luftrensning!

Misforståelse

Optimering af luftstrømmen er tilstrækkelig!

I mange tilfælde handler ventilationsteknik kun om luftstrømmen. For eksempel om, hvordan man på en mest behagelig måde kan tilføre frisk luft til en stor koncertsal, uden at koncertgæsterne mærker en ubehagelig træk eller kulde. Desuden skal tilførslen foregå helt lydløst.

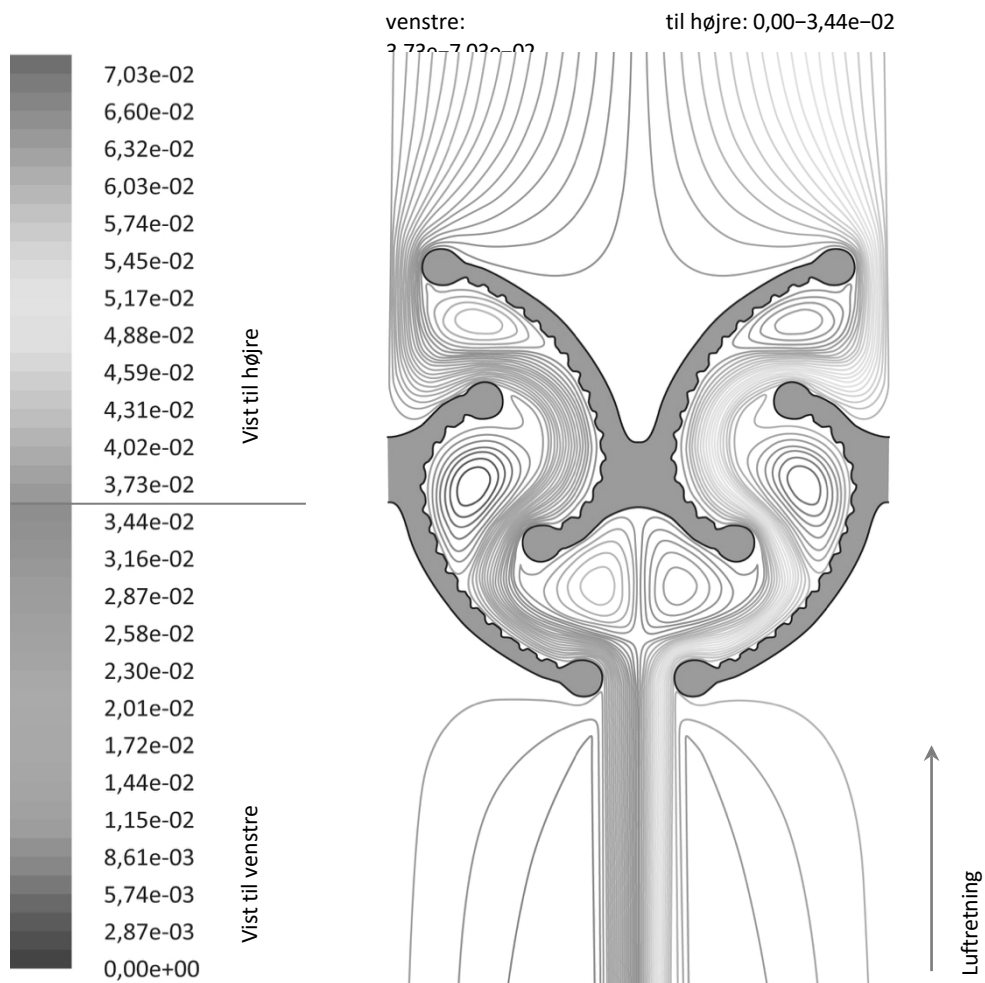
Ved optimering af filtre og separatorer i luftrensning handler det imidlertid ikke kun om luftstrømmen og analysen af dens forløb og hastighed. Den egentlige opgave ved luftrensning består i at adskille de medførte partikler fra luftstrømmen ved hjælp af filtrering eller separering. Filtrene fungerer, forenklet sagt, som en sigte, og separatorerne som hvirvelstrømme. Hvis man ønsker at optimere separatorernes funktion, skal man formå at frembringe små hvirvelstrømme i separatorerne. Først da bliver partiklerne slynget ud af luftstrømmen og kan separeres.

Analyse af partikelbaner

I dag kan man også undersøge og visualisere partikelstrømmen ved hjælp af CFD-systemer. Man ser altså ikke længere kun på luftstrømmene, men også på opførslen af de medførte partikler eller aerosoler.

Følger de mindre og dermed lettere aerosoler samme vej som luftstrømmen? En meget interessant CFD-undersøgelse er visualiseringen af de forskellige aerosolbaner. Disse baners forløb afhænger af partikelstørrelsen. Med meget gode CFD-analyser kan man nu endda se, hvor i en separator et aerosol adskilles fra luftstrømmen! Under videreudviklingen af vores separatorer blev vi ikke kun én gang overrasket og forbløffet over resultaterne af en sådan analyse.

CFD-analyse af en X-CYCLONE®-separator



Strømningsadfærd for partikler af forskellig størrelse (kg/s)
De forskellige partikelstørrelser er markeret med forskellige gråtoner.

Figur 12

Eksempel fra virksomhedens historie

Da vi videreudviklede vores separatorer, troede vi alt for ofte, at vi på forhånd vidste, hvordan luftstrømmen ville opføre sig, og hvad der ville ske med alle de luftbårne partikler, dvs. h-, hvor de ville blive udstødt. For at validere vores antagelse foretog vi CFD-analyser. De præsenterede resultater var ofte helt anderledes, end vi havde forventet.

Jeg husker stadig en undersøgelse, hvor vi alle var hundrede procent overbeviste om, at der meget hurtigt ville dannes små hvirvelstrømme med kraftig rotation i en af vores nyudviklede separatorer, som med meget høj effektivitet ville udskille de luftbårne partikler. Vi kaldte vores nyudviklede prototype stolt for X-CYCLONE®.

X står for separatorens geometri. Vi byggede den ikke længere af to enkelt bøjede plader i U-form, men gav separatorprofilerne en langt mere kompleks geometri. I begyndelsen kunne vi kun fremstille dem med ekstruderede aluminiumsprofiler. Overfladerne lignede miniatureudgaver af flyvinger, som vi arrangerede i en X-geometri. Du har sikkert allerede gættet, at den anden del af navnet på vores nye udvikling står for tropiske cykloner-, på engelsk CYCLONE.

CFD-analysen af den nye separatorprototype var ikke så meget en analyse som en bekræftelse, som vi af sikkerhedsgrunde ønskede at gennemføre på trods af den store indsats. Vi vidste jo alligevel, hvad resultatet ville blive. Det troede vi i hvert fald ...

En CFD-analyse er faktisk meget omfattende. Som tidligere forklaret, undersøges ikke kun luftstrømmen, men også partiklerne i luften nøje. For overhovedet at kunne udføre denne undersøgelse er det nødvendigt med en tredimensionel model af separatoren.

. Det er ikke noget problem, tænkte jeg for år tilbage, det har vi jo alt til, ellers kunne vi jo ikke producere det. Men også jeg var blevet offer for en misforståelse!

Misforståelse

Til en CFD-simulering er en tredimensionel model af separatoren tilstrækkelig.

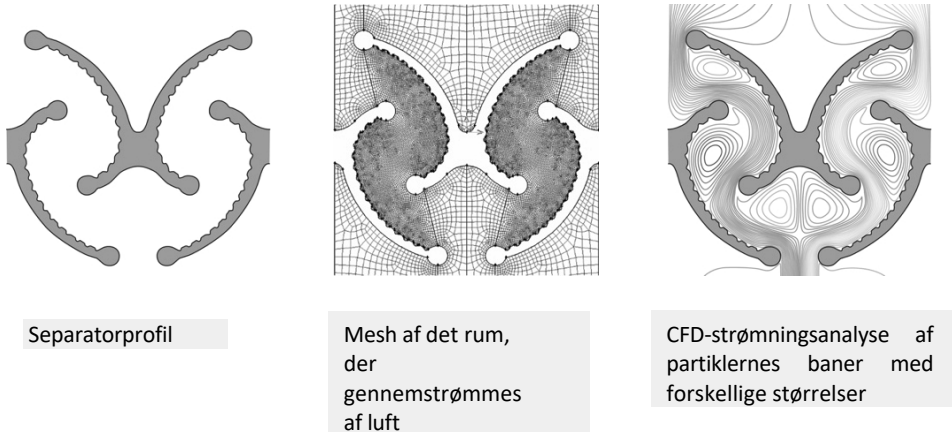
Den tredimensionelle rummodel

For undersøgelsen havde vi nemlig ikke kun brug for den tredimensionelle model af vores separator, altså aluminiumsprofilerne, men også en model af det rum, som luften strømmer igennem. Det er jo egentlig indlysende! Når man analyserer luftstrømmen i en rund ventilationskanal, ser man jo også på det cylindriske rum inde i ventilationskanalen og ikke på ventilationskanalens plade. Det gjorde dog ikke vores opgave lettere. Da geometrien i vores nye X-CYCLONE® aluminiumsprofil i forvejen var meget kompleks, blev det rum, som luften strømmer igennem, endnu mere komplekst. Men netop dette skal modelleres nøjagtigt til CFD-undersøgelsen.

Mesh (beregningsnet)

Til denne i sig selv allerede komplicerede procedure kommer det yderligere, at det rum, som luften strømmer igennem, skal dækkes med et beregningsnet. Her bruges ofte det engelske udtryk mesh. Hvordan et sådant beregningsnet placeres i dette rum, som luften strømmer igennem, har igen en væsentlig indflydelse på kvaliteten af CFD-analysen. Hvis man imidlertid går denne vej med stor omhu, får man meget detaljerede strømningsanalyser af både luftstrømmen og partiklerne, selvom resultaterne også kan være yderst frustrerende!

CFD-analyse af en X-CYCLONE®-separator



Figur 13

Et nedslående resultat

Alle begyndelser er svære – , luften strømmer anderledes end forventet!

CFD-analysen gav meget nedslående resultater for vores første X-CYCLONE®-prototyper. I det område, hvor luften strømmer igennem, og hvor vi var fast overbevist om, at der ville dannes små cykloner, som derefter ville slynge partikler ud med en rotationshastighed på over 10 meter i sekundet, skete der intet af alt dette! Jeg kan stadig se det for mig, som var det i går. CFD-analysen viste tydeligt et tomt område, der i sin form mindede om en dråbe på cirka en centimeter.

Årsagen

Da X-geometrien i vores profil havde en alt for stor krumning, kunne luftstrømmen ikke følge denne geometri, og der dannede sig et område, hvor der ikke var luftgennemstrømning, endsige at der dannede sig cykloner, som kunne have sørget for afskilningen! Selv ventilationsspecialister kan ikke altid forudse luftstrømningens adfærd korrekt.

Optimeringen

For vores daværende udviklingsprojekt til optimering af X-CYCLONE®-udskillelsen betød det, at vi måtte starte forfra og omarbejde geometrien af vores separatorer. I bund og grund en uendelig proces med konstant videreudvikling og forbedring. I sidste ende lykkedes det os dog at udvikle produkter med en teknologi, der ligner den, man kender fra Dyson, og at anvende dem i ventilations- og luftrensningssystemer efter industrielle standarder.

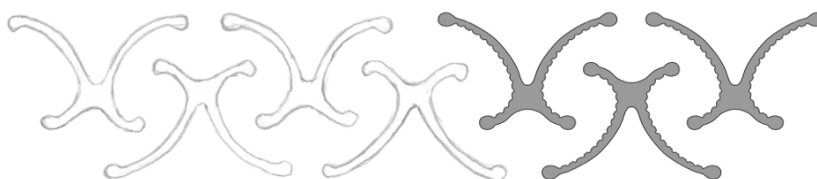
Udvikling af separatorernes geometri



Afskaller med stødplade og U-formede profiler



Prototype af X-CYCLONE®-separatoren med X-profiler i form af flyvinger



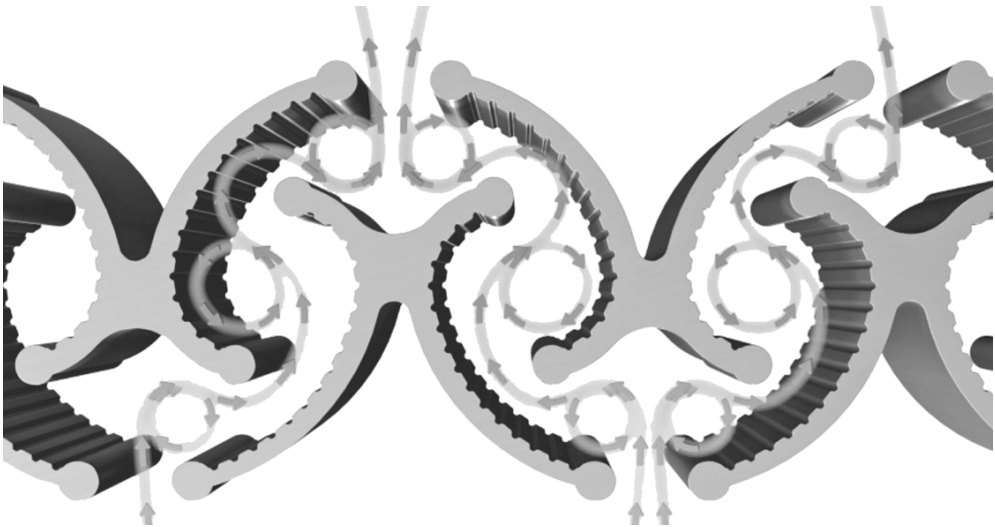
X-CYCLONE®-separator med profiler i optimeret X-geometri for optimal luftstrømstyring (se fig. 15)

Vores separatorers succes

De X-CYCLONE®-separatorer, vi har udviklet, har efterhånden etableret sig i de mest forskelligartede brancher.

På boreplatforme, i tekstilforædlingsvirksomheder, i anlæg til fremstilling af mælkepulver, i lakeringsanlæg i bilindustrien, i fødevareindustrien, i storkøkkener, i maskinbyggeri og endda i anlæg til fremstilling af siliciumskiver til mikroelektronik sørger "cyklonvirvler" i vores X-profil-separatorer nu for en yderst effektiv luftrensning.

Princippet bag en X-CYCLONE®-separator



Figur 15

3. Hvordan kan dampe og lugte fjernes?



Fjernelse af dampe og lugte er en meget kompleks opgave inden for ventilationsteknik og luftrensning. Man kunne jo tro, at luften burde være ren efter opsamling, udskillelse og rensning, og at der derfor ikke længere skulle være nogen lugt. Alle partikler, aerosoler og skadelige stoffer er fjernet – så hvad kan der stadig være, der forårsager lugtgener?

Misforståelse

Der er ingen lugtgener i luft, der er fri for aerosoler, partikler og skadelige stoffer.

Desværre er dette endnu en misforståelse inden for ventilationsteknik og luftrensning, som vi vil behandle i dette kapitel. Lad mig forklare det med et simpelt eksempel fra praksis.

Praktisk eksempel: Tankning

Mange af os har været på tankstationen med vores bil og fyldt brændstof på tanken. De fleste af os har sikkert oplevet lugten af benzin eller diesel.

Benzinlugt ved tankning



Figur 16

Men hvorfor kan vi egentlig lugte benzinen, når vi tanker, selvom der som regel ikke er nogen brændstofstænk eller aerosoler i luften? Det bliver helt tydeligt, når man vil fylde tanken helt op og skal passe på, at der ikke løber noget over. Når man kigger efter, hvornår brændstofniveauet bliver synligt i tankstudsens, er næsen tæt på tankstudsens, og man kan lugte brændstoffet intenst – også uden at der løber noget ud.

Hvis man foretager en partikelmåling i umiddelbar nærhed af tankstudsens, vil man ikke kunne måle nogen brændstofaerosoler eller -partikler i luften omkring tankstudsens. Men hvorfor lugter der så af brændstof, når man tanker? Det får du svaret på her.

3.1. Misforståelsen vedrørende forskellen mellem dampe og aerosoler

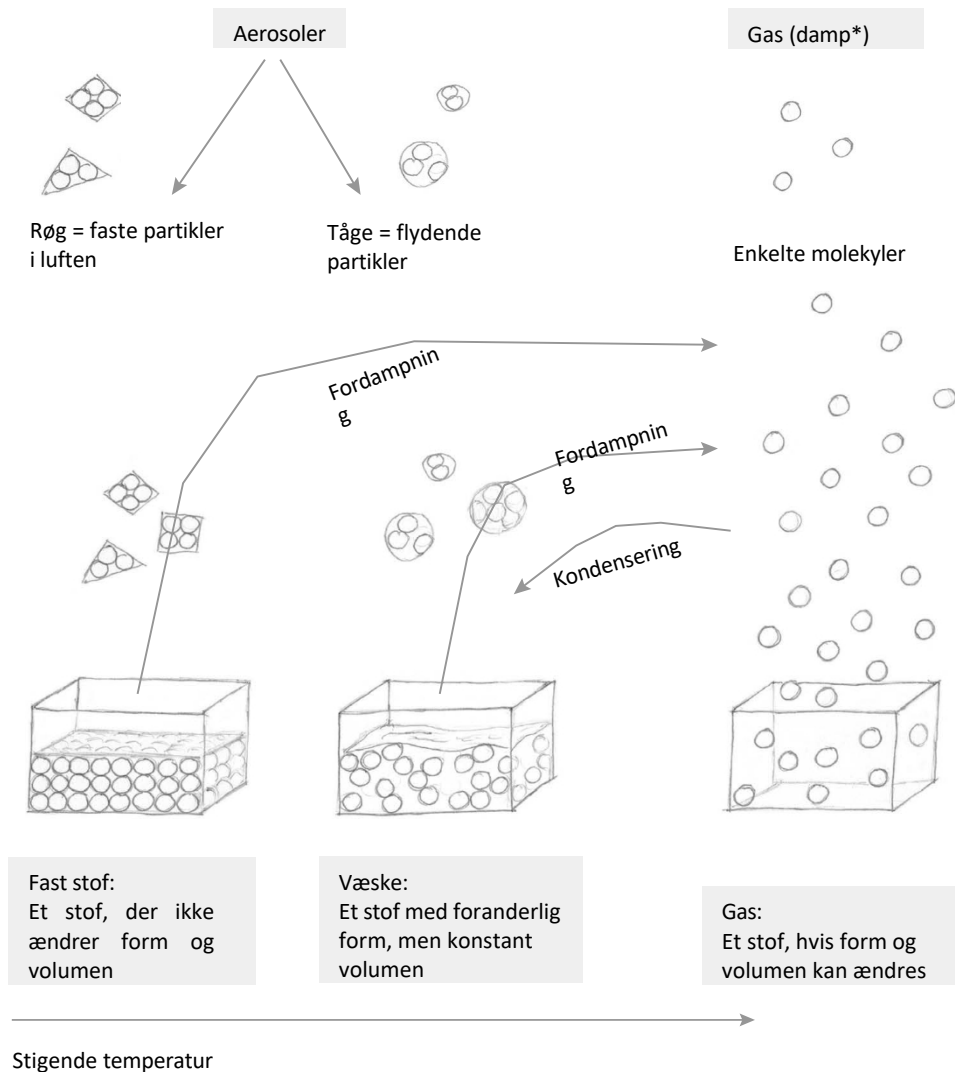
Hvorfor lugter der af brændstof, når man tanker, selvom man ikke kan se noget i luften? Det, man kan lugte, er fordampet brændstof. Især Super Plus er meget flygtigt. Det betyder, at det fordamper allerede ved relativt lave temperaturer. Denne damp, eller rettere sagt gassen, slipper ud af tankstudsene og forårsager lugten.

Misforståelse

Aerosolfri luft er ren.

Dette enkle eksempel illustrerer meget tydeligt, at luft, der er fri for aerosoler, langt fra nødvendigvis er ren og stadig kan udgøre en belastning for miljøet. Luftforurening fra fordampede væsker er et problem, der også giver erhvervsorganisationerne store hovedbrud.

Forskellen mellem aerosoler og gas



* Generelt forstås damp som dråber, der befinder sig i luften, f.eks. dampkyer ved madlavning. Naturvidenskabeligt set er damp imidlertid den gasformige tilstand af et stof (opstået ved fordampning, kogning eller sublimering).

Figur 17

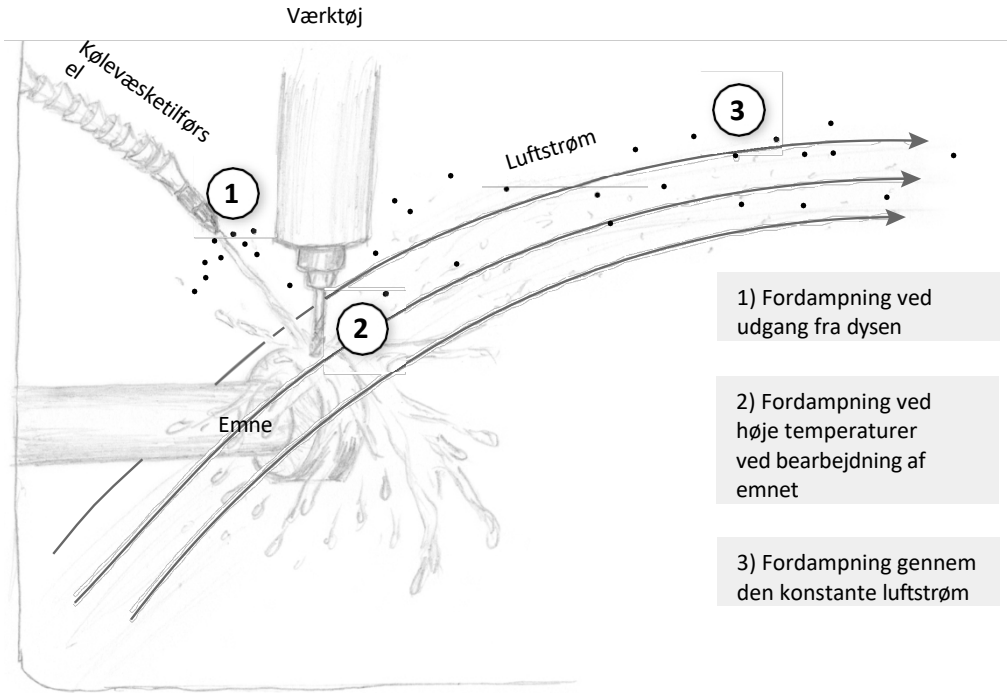
Praktisk eksempel fra maskinindustrien

Jeg kan stadig huske, da jeg sammen med vores salgspartner fra Bayern besøgte den faglige sammenslutning, der er ansvarlig for maskinbygning i Bayern. Der viste man os undersøgelser med måleresultater, hvor man havde undersøgt luftforureningen fra køle- og smøremidler på værktøjsmaskiner. Resultaterne viste nøjagtig det samme fænomen som i ovenstående eksempel fra tankstationen. Analysen af luften omkring værktøjsmaskinen viste, at der stort set ikke var nogen luftforurening fra aerosoler, og at alle luftgrænseværdier blev overholdt. Det troede man i hvert fald.

Da specialisterne fra arbejdsmiljøorganisationen undersøgte andelen af fordampede køle- og smøremidler fra forskellige værktøjsmaskiner, konstaterede de betydelige mængder af disse i luften, hvor koncentrationen i nogle tilfælde nåede op på 100 milligram køle- og smøremiddeldampe pr. kubikmeter rumluft. Dermed blev de gældende grænseværdier overskredet med en faktor ti! Hvordan kunne det ske?

De første fordampningseffekter opstår på grund af det meget høje tryk inde i maskinerne, hvor køle- og smøremidler forstøves meget fint gennem dyser. Derudover fordamper der meget væske på grund af de høje temperaturer på værktøjerne, der bearbejder metallet. Det, der ofte undervurderes i denne sammenhæng, er den konstante luftstrøm fra luftrenserne i værktøjsmaskinerne.

Kølevæskedampe i en værktøjsmaskine



Figur 18

Husk, hvad vi fastslog i kapitel 1: Til opsamling og udsugning har vi brug for en stor mængde afgangsluft og en luftstrøm i retning af opsamlingen. Denne luftstrøm kan sammenlignes med vind, der blæser over overfladen af en stor sø. Alene denne luftstrøm får vandet til at fordampe, optages som luftfugtighed og transporteres væk med luftstrømmen. Vi ser lignende effekter i en værktøjsmaskine eller ved tankning. Dermed transporteres enorme mængder væske i dampform med luften. Disse dampe kan medføre betydelige sundhedsmæssige belastninger og lugtgener.

Eksempel: Fødevareindustrien

Det samme fænomen kan også observeres i fødevareindustrien og i professionelle køkkener. På alle anlæg og køkkenapparater, der arbejder ved høje temperaturer, fordamper væske. Typiske processer er bagning, stegning og friturestegning. Her er der overalt temperaturer på ca. 140 til 190 grader Celsius. Her fordamper olier og fedtstoffer delvist og opfanges og suges væk med ventilationsanlæg.

Praktisk eksempel: Fritureanlæg

I fødevareindustrien har vi allerede set anlæg til friturestegning af kartoffelchips, der størrelsesmæssigt svarer til et stort badekar. I dette kar frituresteges hver dag hundredtusindvis af kartoffelchips, hvorved der frigives enorme mængder damp. Denne består hovedsageligt af fordampet olie fra friturefedtet og fordampet vand, der før friturestegningen var bundet i kartoffelchipsene. Også her konstaterede vi det tidligere beskrevne fænomen: Ved analyse af procesluftudledningen ved hjælp af en partikelmåling kunne der ikke konstateres nogen luftforurening, luften virkede ren og næsten uforurenet. Alligevel kunne man allerede med det blotte øje se, at udluften fra denne forarbejdningsproces ikke kunne være ren, for den lignede dampskyen fra en gammel damplokomotiv. Ligesom på tankstationen kunne man også mærke en intens lugt. Den var ganske vist mere behagelig end ved tankning, men den tydede alligevel helt klart på luftforurening.

Eksempel: privat køkken

Du kan observere noget lignende i dit køkken derhjemme, når du f.eks. steger en bøf ved høj temperatur. Der kan godt være enkelte oliesprøjt, der kan klassificeres som aerosoler, men det, der stiger op over komfuret og opfanges og suges væk af emhætten, er hovedsageligt luft med fordampede olier og vand. Der er kun få dråber, aerosoler og sprøjt.

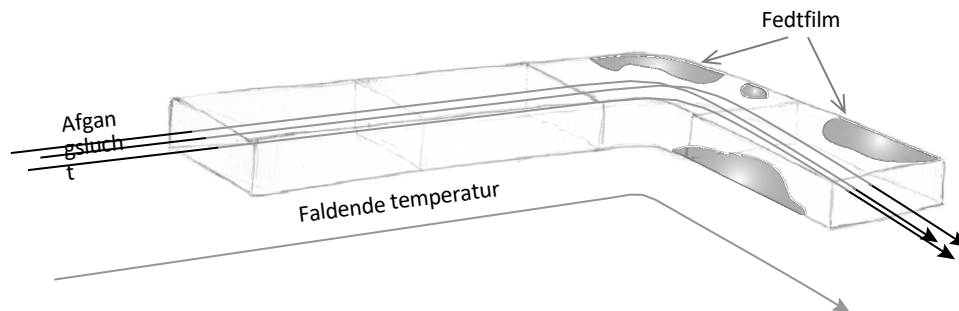
Kondensation af de fordampede væsker

I industrien og i erhvervskøkkener skaber disse fordampede væsker store problemer i procesaflften. Disse dampe forårsager ikke kun lugtgener, men kan naturligvis også kondensere igen, når aflften afkøles tilsvarende. Den fordampede væske skifter derefter igen fra gasform til flydende tilstand. Dette kan især observeres i store industrivirksomheder og store hoteller. Hvorfor? Fordi der i store bygninger ofte er lange afstande til udluftningskanalerne.

Hygiejniske problemer og brandfare på grund af lange udluftningskanaler

Uanset om det drejer sig om madlavning i et stort hotelkøkken eller en forarbejdningsproces i en industrivirksomhed, skal luften, der opsamles og udsuges direkte ved processen, transporteres gennem en meget lang udluftningskanal, indtil den endelig forlader bygningen og blæses ud ved hjælp af store ventilationsanlæg. På den lange vej gennem ventilationskanalen, der ofte består af rektangulære pladesegmenter, afkøles luften. Dermed kondenserer den fordampede væske og aflejres i udluftningskanalerne og ventilationsanlægget. Disse aflejringer udgør ikke kun et hygiejnisk problem, men medfører også brandfare.

Lange udluftningskanaler og deres farer



På vej ud af bygningen afkøles luften mere og mere. Dampene kondenserer og danner vand- og fedtfilmer i udluftningskanalen, som er grobund for mikroorganismer og en mulig brandkilde.

Figur 19

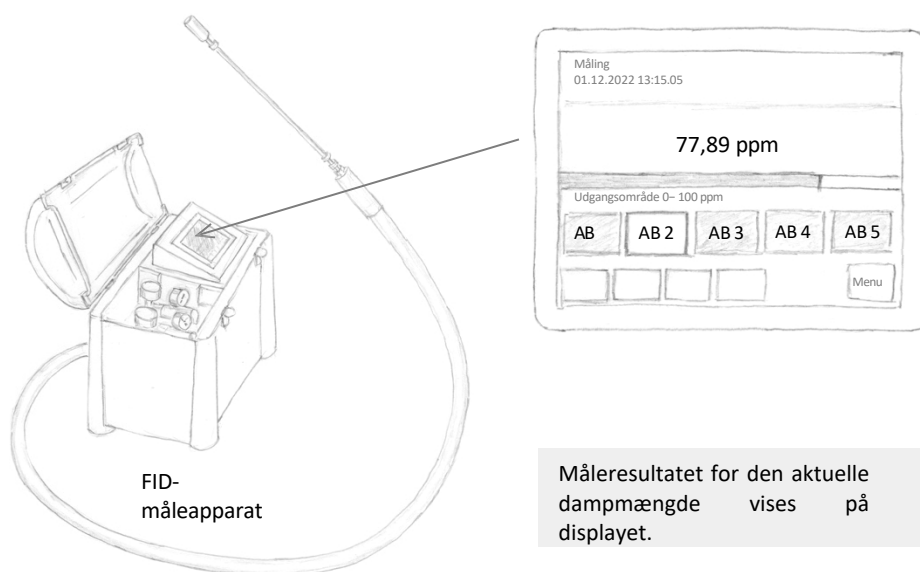
Europæiske standarder kræver, at der tages hensyn til dampe og deres kondensation

Luft, der er fri for aerosoler og partikler, er altså ikke nødvendigvis ren. Det, der ofte opfattes som lugtgener, er oftest dampe. Af denne grund kræver europæiske standarder som DIN EN 16282, at der ud over luftrensning i erhvervsskøkkener ved hjælp af filtre og separatorer også skal tages hensyn til fordampede væsker og deres kondensation! Til dette formål skal disse til dels meget høje koncentrationer måles og analyseres.

3.2. FID-måleinstrumenter kan være nyttige ved analyse af luftforurening!

FID-måleinstrumenter kan give en indikation af, hvor meget fordampet væske der er i luften. FID er en forkortelse for flammeionisationsdetektor. Et FID-måleapparat hjælper med at bestemme mængden af fordampede letflygtige organiske forbindelser. I daglig tale taler man ofte om total-C i udluften, hvilket betyder de dampformede kulbrinter, der findes i luften. Hvis vi f.eks. vil finde ud af, hvor meget fordampet brændstof der stiger op i vores næse, når vi tanker, ville et sådant måleapparat være det ideelle udstyr. FID-måleapparater er også lige så nyttige til analyse af fordampede køle- og smøremidler i fremstillingsindustrien eller på anlæg i fødevareproduktionen.

Måling af partikel- og dampmængder



Figur 20

Analyse af luftforureningen

Analyserer man udluften fra ovennævnte processer, fremkommer den faktiske belastning som regel ved at sammenlægge de luftbårne aerosoler og dampe. Resultatet af en sådan samlet betragtning viser ikke sjældent, at der findes 80 milligram damp og kun 20 milligram aerosoler i en kubikmeter rumluft. Overført til dette eksempel ville det betyde, at vi i alt har 100 milligram forurenende stoffer i en kubikmeter rumluft. Om denne belastning stammer fra køle- og smøremidler i en maskinfabrik, fritureolie i en fødevarereproduktion eller et hotelkøkken, er irrelevant i denne sammenhæng, da problematikken og opgaven i første omgang er den samme: Vi skal tage os af begge dele.

Misforståelse

Fordampede væsker behøver ikke at blive målt.

Vi skal være opmærksomme på både de fordampede væsker og de luftbårne aerosoler fra disse væsker. En hyppig fejl inden for ventilationsteknik og luftrensning er, at disse luftforureninger slet ikke måles og analyseres. Hvis der overhovedet måles noget, er det i bedste fald partikkelkoncentrationen i aerosolerne. Det er stort set aldrig, at både dampe og aerosoler analyseres. Dette bekræftes også af samtaler med kolleger fra erhvervsforeningen i Bayern.

I frituregryder i storkøkkener eller store opsamlingsbeholdere med varme metalspåner i produktionsvirksomheder eller lignende anlæg stiger der overalt små hvide skyer op under driften. Visuelt ligner de meget den damp, der stiger op, når man varmer vand i en gryde derhjemme. Forskellen er dog, at den damp, der stiger op fra de industrielle beholdere, indeholder olier og køle- eller smøremidler.

Disse stoffer er ofte kilden til stærke lugtgener og bliver alt for lidt beachtet og undersøgt.

Foretag partikel- og FID-måling

Det er absolut nødvendigt at undersøge sådanne emissioner ved hjælp af både partikel- og FID-målinger. Det er nemlig disse målinger, der danner grundlag for det næste skridt. Rensning af luften ved fjernelse af disse dampe.

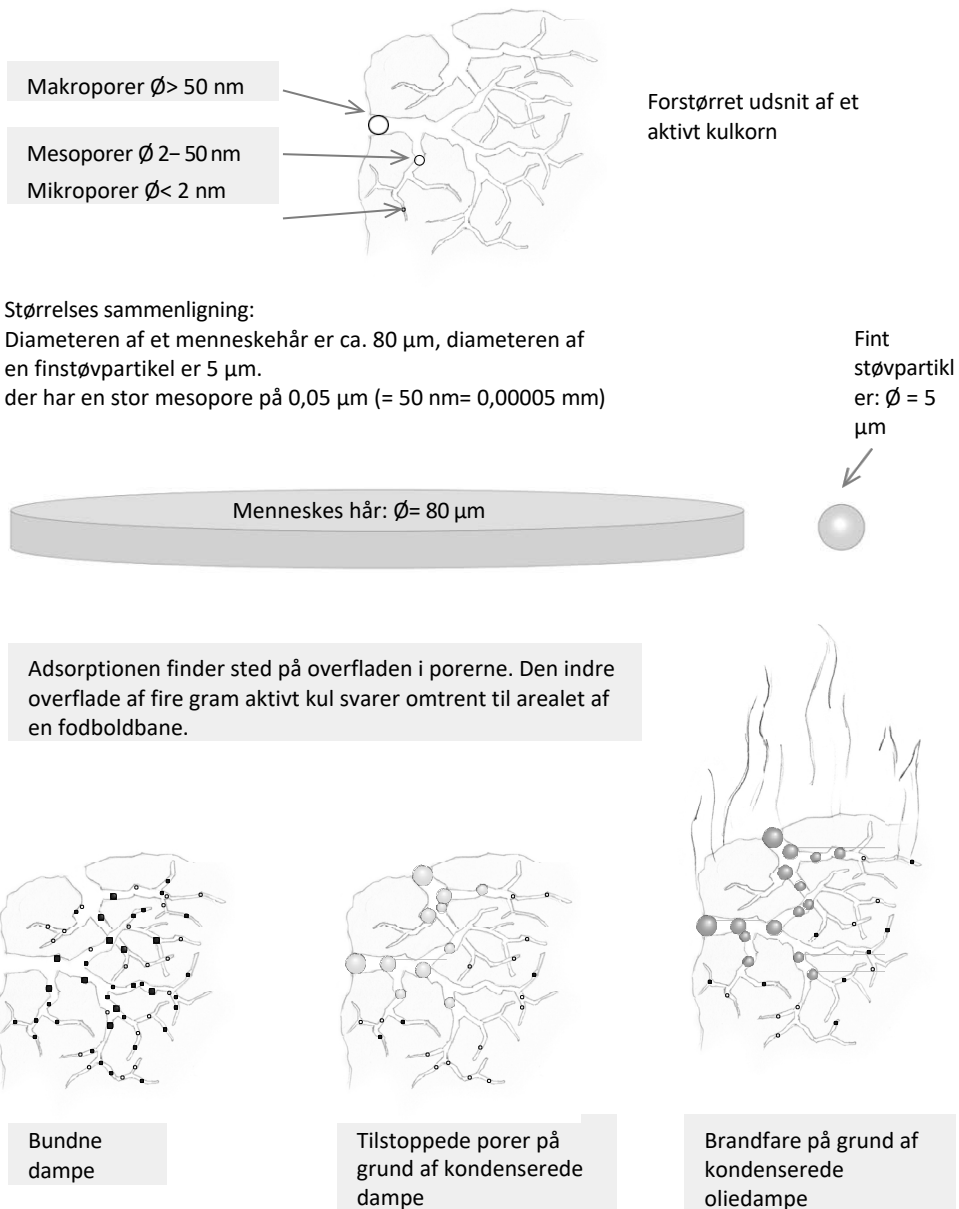
Løsningsmodel 1: Aktivt kul

En løsning kan f.eks. være anvendelse af aktivt kulfiltre. Enkelt beskrevet fungerer aktivt kul som en slags molekylært filter. Det er meget porøst og har talrige meget små porer, der kan optage dampe ved adsorption. På denne måde bindes dampe til overfladen af det aktive kul. Dette fungerer dog kun, så længe det aktive kul ikke bliver for belastet af aerosoler, der dannes ved kondensation.

Ulemper ved brug af aktivt kul

Aktivt kulfiltre anvendes ofte først i ventilationsanlægget for enden af en lang udluftningskanal. Inden luften når frem til dette punkt, er den allerede afkølet med flere grader, og dampe begynder at kondensere. Dette medfører, at de mange små porer i det aktive kul tilstoppes alt for hurtigt og dermed bliver ineffektive. Hvis de kondenserende dampe er olier, opstår der i forbindelse med aktivt kul i bogstavelig forstand en brandfarlig kombination!

Anvendelse af aktivt kul



Figur 21

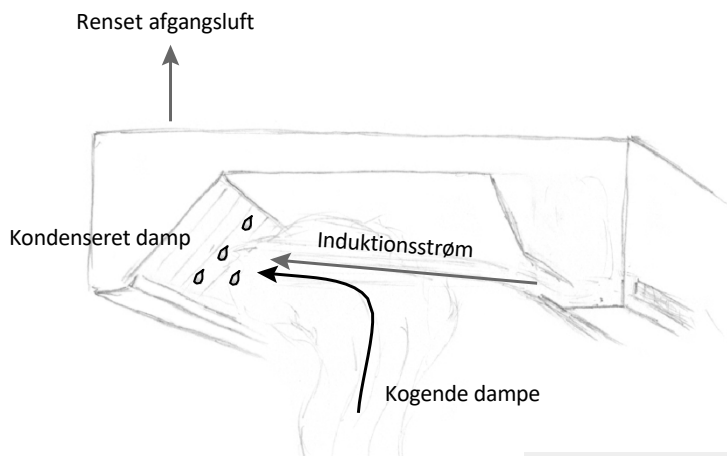
Løsningsmodel 2: tvungen kondensation

En anden mulighed for at få kontrol over de fordampede væsker og reducere deres mængde er tvungen kondensation direkte ved opsamling og udsugning.

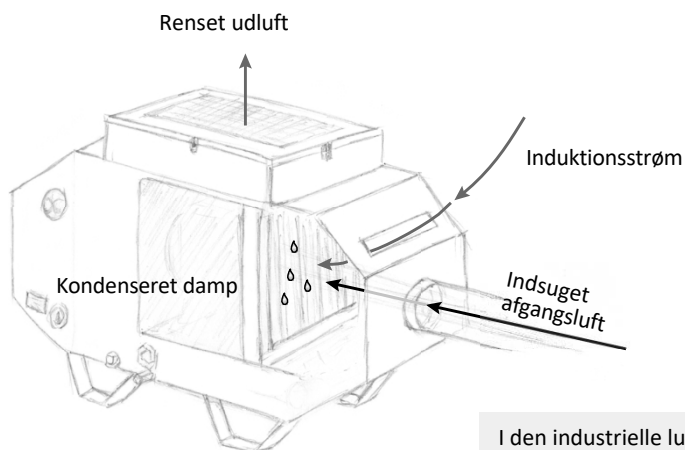
Som beskrevet i kapitel 1 har vi hos REVEN GmbH udviklet opsamlingsanordninger, der ikke kun suger, men også blæser. Den luft, der skal opsamles, sammen med aerosoler, vira og skadelige stoffer, transporteres så hurtigt som muligt ved hjælp af blæseanlæg til det område, hvor luftrensere, emhætter og ventilationsanlæg har den største sugeseffekt – altså direkte til deres indsugningsåbninger.

Til dette formål har vi udviklet både moderne køkkenhætter og industrielle luftrensere, der er udstyret med en ekstra funktion til understøttende blæsning. I køkkenhætten sikrer dette, at opstigende maddamp hurtigt og direkte strømmer fra komfuret til filter- og sugeområdet, hvor den opsamles og suges ud. Derudover er det lykkedes os at fremtvinge kondensation af fordampede væsker. Luften i induktionsstrømmen, dvs. den indblæste luftstrøm, er altid nogle grader koldere end den luft, der skal opsamles. Denne temperaturforskel hjælper os med at udløse kondensering af de fordampede væsker direkte ved opsamling og udsugning, både i vores videreudviklede opsamlingshætter og i vores luftrensere til værktøjsmaskiner.

Tvungen kondensation



I køkkenemhætten: Den køligere induktionsstrøm får dampe til at kondensere og udskilles på vej til afluftskanalen.



I den industrielle luftrener: Den køligere induktionsstrøm får dampe til at kondensere før X-CYCLONE®-udskilleren, hvor de udskilles.

Figur 22

Fordele ved tvungen kondensation

Når procesluft fra fordampede væsker og luftbårne aerosoler fjernes, er den virkelig rensset og ren. Dermed reduceres lugtemissionerne til et minimum og kan neutraliseres fuldstændigt ved hjælp af eftermonterede lugtfiltre. De teknologier, der anvendes til lugtneutralisering, kan være UV-, ozon-, aktivt kul- eller kemiske oxidationssystemer. De har alle én ting til fælles: De fungerer og udfolder kun deres fulde effekt, hvis udluften er blevet rensset effektivt for aerosoler og dampe på forhånd. Først da og kun da giver det mening at installere efterfølgende, ekstra teknologier til fuldstændig lugtfjernelse. Mere om dette i næste kapitel.

4. Hvordan kan vi bekæmpe virus og lugt?

Neutraliseres?



Neutralisering af lugte og fuldstændig fjernelse af vira og bakterier fra luften er en opgave, der kræver flere trin. Først skal der foretages en effektiv opsamling og udsugning, derefter er der brug for meget effektive aerosolfiltre eller separatorer, og i denne sammenhæng er det også nødvendigt at kondensere dampe, som beskrevet i det foregående kapitel. Kun hvis alle disse trin overholdes, kan lugte fjernes pålideligt og fuldstændigt ved hjælp af UV-C- eller ozonsystemer.

Misforståelse

UV-stråling løser alle problemer med vira, bakterier og lugte.

En udbredt misforståelse inden for ventilations- og luftrensningsteknik, der holder sig fast, er troen på, at man ikke behøver at bekymre sig om alle disse trin, fra opsamling og udsugning til udskillelse og kondensering. Man skal bare sætte nogle lamper, der udsender ultraviolet lys, i luftrensere og udluftningssystemer, så er alt i orden. Det eller noget lignende er, hvad mange af mine konkurrenter lover, og det er noget, jeg hører igen og igen.

Der er mange misforståelser og forkerte oplysninger om, hvordan teknologier til luftrensning, der arbejder med ultraviolet stråling, fungerer og virker. Det starter med, at mange producenter ikke informerer brugerne om det egentlige anvendelsesområde for ultraviolet stråling. Et vigtigt aspekt, som man absolut bør være opmærksom på, er spørgsmålet: "Hvad skal man opnå ved at anvende UV-C-systemer?" Vil vi fjerne virus og bakterier fra luften, eller vil vi fjerne fedt og olie fra den udledte luft? Jeg tror, De er enige med mig i, at der her er tale om forskellige opgaver, og at fjernelse af vira fra luften ikke kan være det samme som fjernelse af olier og fedtstoffer.

Derfor bør vi først tale om, hvad vi egentlig vil bruge ultraviolet stråling til i vores ventilationssystem. Hvilket UV-C-system der skal anvendes, afhænger af opgaven. Sådanne systemer kan have følgende forskellige opgaver:

- *Desinfektion af genstande*
- *Neutralisering af lugte i luften*
- *Apdrættelse af vira og bakterier i luften*

Allerede disse tre opgaver vedrører tre helt forskellige områder, som hver især kræver anvendelse af helt forskellige UV-C-systemer. Der findes ikke et system, der kan løse alle tre opgaver.

Dertil kommer den myteomspundne opgave, der kaldes fedtforbrænding. Hvad det går ud på, forklarer vi senere.

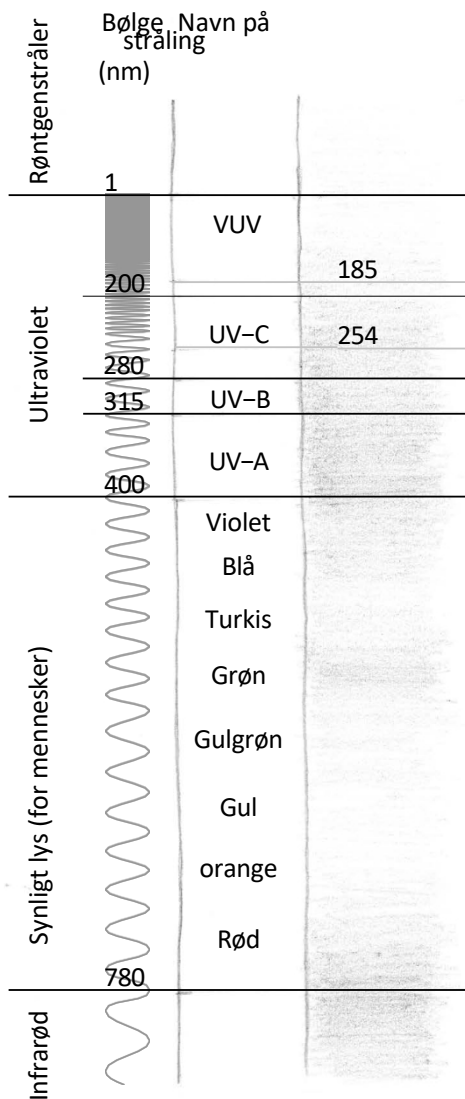
Vi har altså brug for et UV-C-system, der er specielt udviklet til en af disse opgaver. Men selv da er det stadig tvivlsomt, om den pågældende opgave virkelig kan løses tilfredsstillende.

4.1. Misforståelsen vedrørende UV-C-stråling

UV-C-systemer integreres ofte i luftrensere til boliger. I forbindelse med den verdensomspændende pandemi blev markedet fra 2020 oversvømmet af sådanne luftrensere. Brugere blev lovet, at ultraviolet stråling fra disse apparater kan dræbe farlige vira. Men hvordan skal det fungere?

Optisk minder sådanne UV-C-systemer om traditionelle lysstofrør, som man f.eks. kender fra belysningssystemer i store kontorer. De fås i forskellige størrelser. Når man tænder en UV-C-rør, lyser den ikke med hvidt lys som kontorbelysning, men skimrer blåligt, som man kender det fra solariumer. Dette blå lys er en kunstigt frembragt kortbølget UV-C-stråling med en bølglængde på ca. 250 til 280 nanometer.

Elektromagnetisk spektrum



UV-A og UV-B

Disse UV-stråler er de eneste, der når ned til jorden. Mennesket er afhængigt af dem for at danne kroppens eget D-vitamin. De får huden til at blive brun. I for høje doser er strålingen dog skadelig, både på kort sigt (risiko for solskoldning) og på lang sigt (risiko for hudkræft).

UV-C

Til sterilisering anvendes kunstigt frembragt UV-C-lys med en bølgelængde på 250 til 280 nm. Især 254 nm er ideel til at beskadige mikroorganismernes arvmasse. UV-C er også skadeligt for mennesker.

V(vakuum)UV

Fra det ultraviolette spektrum anvendes kunstigt fremstillet lys med en bølgelængde på 185 nm til dannelse af ozon. Anvendelsen fungerer kun med specielle kvartsrør.

Figur 23

Faktor bølgelængde

For UV-C-systemer er strålingens bølgelængdeområde vigtigt, da det er den eneste måde, hvorpå bakterier og vira kan dræbes eller forhindres i at formere sig ved at beskadige deres arvmasse. Denne viden har længe været anvendt inden for medicinsk teknik, f.eks. til desinfektion af operationsudstyr og medicinske instrumenter. Disse desinfektionsapparater er ofte rektangulære kasser, der ligner almindelige mikrobølgeovne. I disse bokse er der integreret UV-C-rør, som kan bruges til at bestråle det indre rum i et bølgelængdeområde fra 250 til 280 nanometer. Genstande, der placeres i en sådan ultraviolet sterilisator, desinficeres ved hjælp af UV-C-stråling.

Faktoren tid

I databladene for disse UV-C-sterilisatorer påpeges det gentagne gange, at fuldstændig bakteriefrihed, dvs. sterilisering, kan opnås efter en bestrålingstid på ca. 30 sekunder.

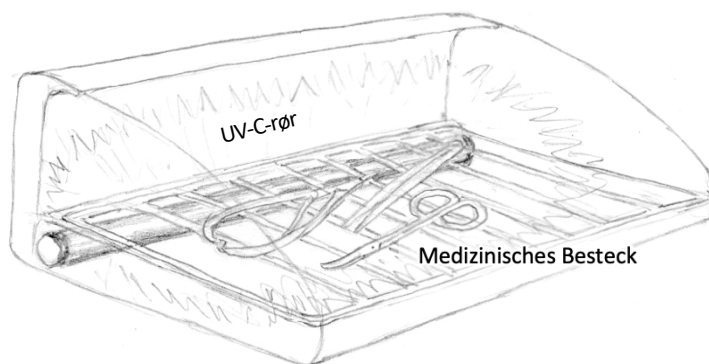
På de fleste UV-C-sterilisatorer kan desinfektionstiden indstilles fra 30 sekunder til 60 minutter, ligesom man indstiller tiden på en mikrobølgeovn derhjemme.

Bølgelængde+ Tid= t ønsket resultat

Dermed har vi afgrænset et første anvendelsesområde, hvor der findes mange tekniske løsninger, produkter og erfaringer: Hvis man vil gøre vira og bakterier på genstande som sakse, knive, tang, nåle osv. fuldstændig uskadelige, har vi brug for kunstigt frembragt ultraviolet stråling i et bølgelængdeområde på ca. 250 til 280 nanometer. Det er også meget vigtigt, at disse genstande udsættes for denne stråling i mindst 30 sekunder, så de virkelig er sterile. Så

Det er i hvert fald anbefalingen fra producenterne af UV-C-sterilisatorer, som har været anvendt i medicinsk teknologi i mange år.

Desinfektion i en UV-C-sterilisator



Denne moderne sterilisator arbejder i to trin:

- UV-C-stråling (254 nm) i mindst 30 sekunder for at ødelægge mikroorganismernes arvemasse.
- VUV-stråling (185 nm) for at dræbe mikroorganismerne fuldstændigt med ozon.

Figur 24

Hvad bør eller skal vi konkludere heraf med hensyn til ventilationsteknik og luftrensning?

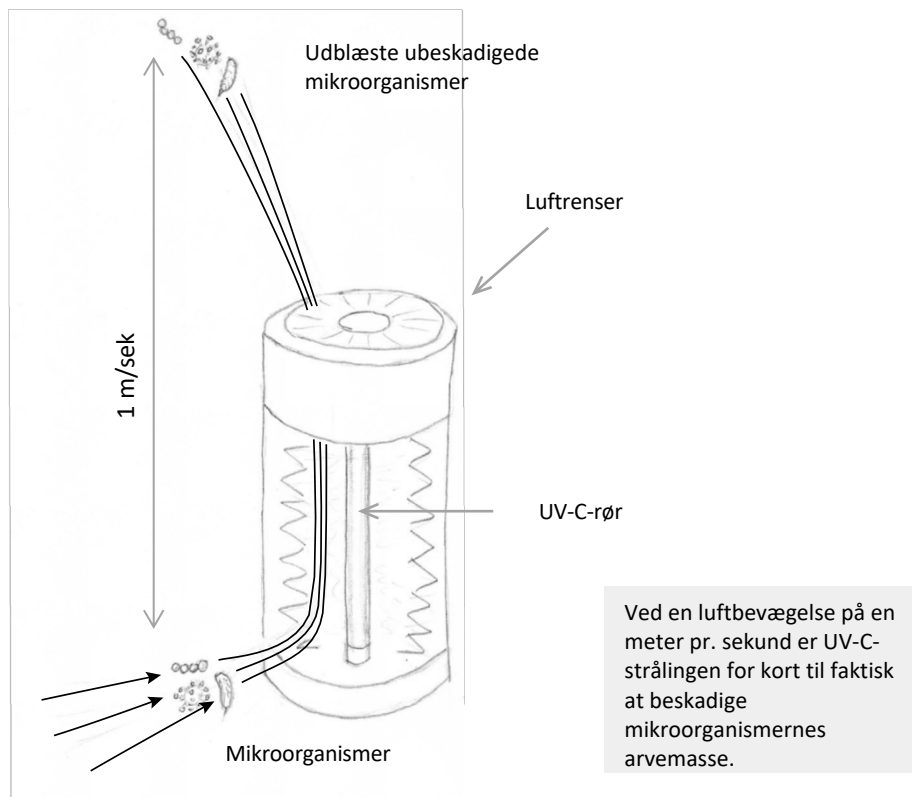
Svaret er faktisk ret enkelt og indlysende: Hvis vi vil dræbe bakterier og vira i en luftstrøm, har vi brug for den samme ultraviolette stråling, og denne skal virke på vira og bakterier i en bestemt periode.

Misforståelse

Sterilisering af luft fungerer på samme måde som sterilisering af genstande.

Så enkelt og indlysende det end lyder, er det her, problemerne inden for ventilationsteknikken begynder. I ventilationsanlæg og luftrensere har vi at gøre med strømmende luft og ikke med genstande, der ikke bevæger sig i et halvt minut under steriliseringen. Luft bevæger sig i ventilationsanlæg og luftrensere med en hastighed på mindst en meter i sekundet. Alt, hvad der befinder sig i denne luftstrøm, altså også bakterier og vira, tilbagelægger mindst en meter på et sekund. I mange anlæg er det endda endnu større afstande på to til fem meter i sekundet.

Luftens bevægelsesafstand på et sekund



Figur 25

Dette forhold udgør allerede det første problem og en stor udfordring. Som vi har lært fra beskrivelsen af sterilisatorer i medicinsk teknik, ville det være tilrådeligt at udsætte bakterier og vira for ultraviolet stråling i mindst tredive sekunder. Hvordan kan vi realisere dette i et ventilationsanlæg?

I et udluftningssystem med en lufthastighed på en meter pr. sekund ville der være behov for en 30 meter lang udluftningskanal med UV-C-rør. Et sådant system findes dog ikke. Ventilationsanlæg og luftrensere med UV-C-rør er sjældent meget længere end en meter. Det er derfor meget nemt at beregne, hvor længe de bakterier og vira, der transporteres med luften, er udsat for UV-C-stråling i disse apparater: I sådanne systemer har strålingen kun én sekund til at virke på vira og bakterier. Det er alt for kort tid til at opnå sterilisering.

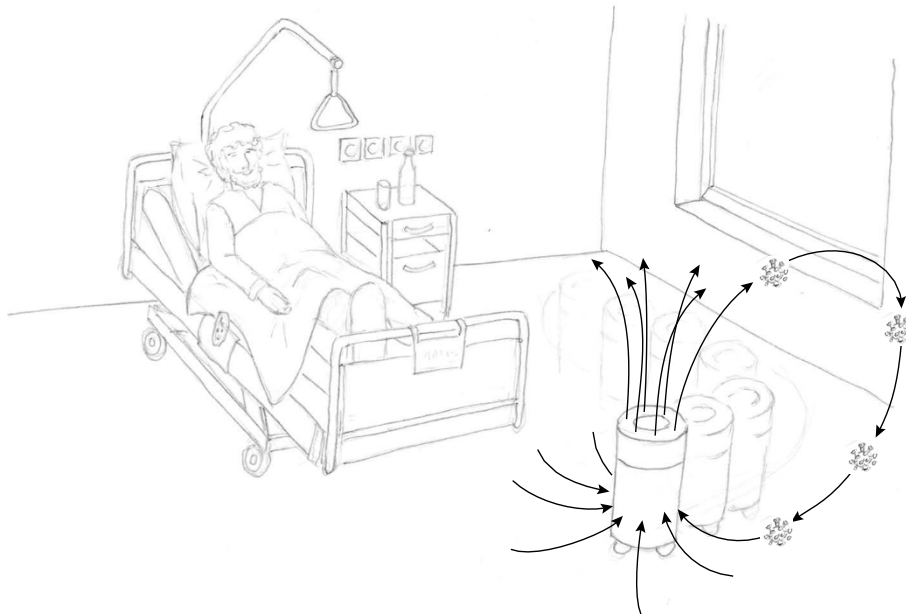
Det er altså ikke nok bare at installere UV-C-rør i et ventilationsanlæg eller en luftrenser, og det er som regel heller ikke særlig effektivt. Hvad skal man så gøre?

En mulighed ville være at lede luften gennem UV-C-rørene i mindst et halvt minut for at opnå en tilstrækkelig lang virkningstid.

Praktisk eksempel: Desinfektionsrobot

Det er netop det, de nyudviklede desinfektionsrobotter i hospitaler gør. Disse apparater er udviklet under pandemien og kan bruges i sygeværelser. De kører selvstændigt ind i et rum og renser luften der. Til det suger de luften ind og blæser den ud igen. Luften udsættes for ultraviolet stråling. Denne proces gentages konstant i rummet i et bestemt tidsrum. Som du nok kan forestille dig, kan der på denne måde opnås en virkningstid på mindst 30 sekunder.

Desinfektionsrobot i sygeværelse



Kun hvis den samme luft ledes gennem desinfektionsrobotten (forenklet fremstilling) i en "kontinuerlig sløjfe", kan de hospitalbakterier, der er indeholdt i luften, uskadeliggøres ved hjælp af UV-C-stråling.

Figur 26

Denne proces kan dog kun foregå, hvis vi har et lukket rum, hvor robotten i et bestemt tidsrum kan suge den samme luft ind, bestråle den og blæse den ud igen. Hvis vi derimod har et ventileret rum, hvor der blæses frisk luft ind, og hvor den brugte, forurenede luft suges ud, er situationen en helt anden.

Tiden er ikke tilstrækkelig

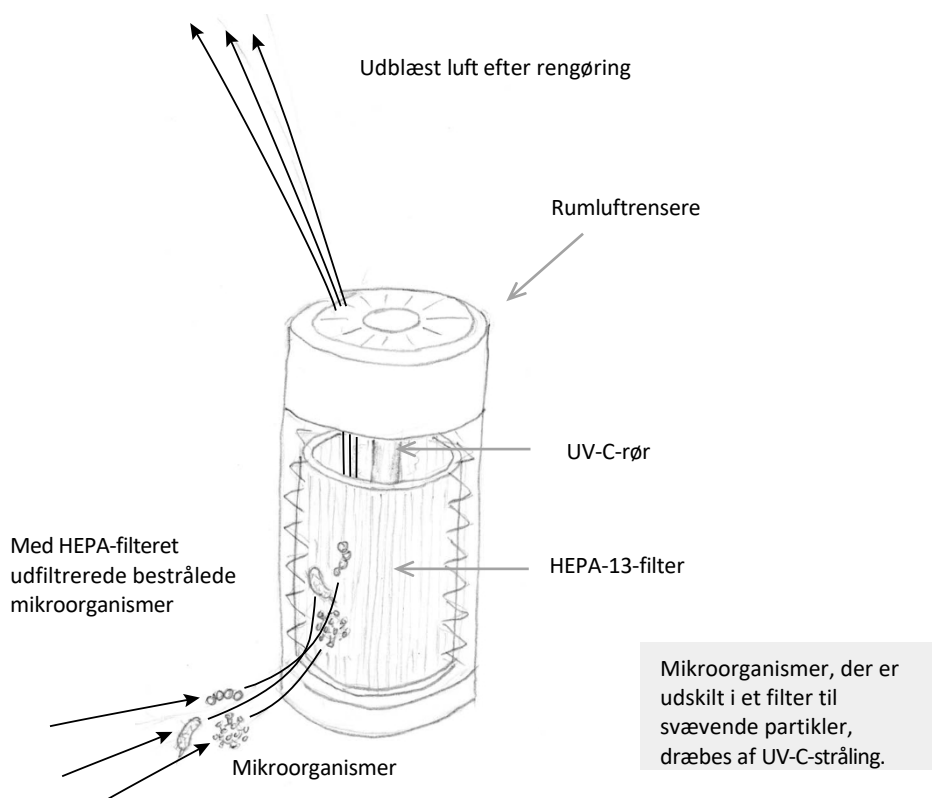
Selv med enkle og små rumluftrensere tager det kun lidt over et sekund at suge luften ind, rense den og blæse den ud. Det er derfor klart, at vi i sådanne kompakte

luftrensere kun sterilisere luften ved hjælp af UV-C-stråling. Der er simpelthen ikke tid nok til det.

Anvendelse af filtre til svævende partikler

Du kan forbedre ydeevnen af de kompakte rumluftrensere ved at installere svævestofiltre. Det er højtydende filtre, der også kan filtrere meget små partikler samt vira og bakterier ud af luften. I kombination med UV-C-stråling, der bestråler dette højtydende filter længe nok, kan vira og bakterier på filteret dræbes.

Hjælpe middel: Flyvepartikelfilter



Figur 27

Der findes adskillige sammenlignelige eksempler. I sidste ende handler det altid om at udsætte virus og bakterier for den rette ultraviolette stråling i tilstrækkelig lang tid til at beskadige deres arvemasse og forhindre formering. Kun ved fuldstændig aflivning kan man opnå en reel sterilisering. Man kan sammenfatte dette faktum lidt mere videnskabeligt på følgende måde:

Strålingen har en dødelig virkning på vira og bakterier, forudsat at den er intens nok og virker længe nok.

Faktor strålingsintensitet

Strålingsintensiteten afhænger af rørene, mere præcist af deres effekt pr. kvadratmeter bestrålet overflade. Jo mere effekt i watt vi bruger, jo kortere er den nødvendige eksponeringstid. Hvis man bruger UV-C-LED'er med lav effekt, der kun leverer få watt pr. LED-lampe, har vi brug for en tilsvarende lang eksponeringstid. Sammenhængen er relativt enkel: Jo højere stråleeffekten er og jo længere bestrålingstiden er, desto større er den desinficerende virkning – og omvendt.

Lad os nu se på fjernelse af olier og fedtstoffer fra luften og hvordan UV-C-stråling kan hjælpe med dette. Ved nærmere betragtning af dette spørgsmål støder vi på en af de største misforståelser inden for ventilations- og luftrensningsteknik. Det drejer sig dog mere om et mysterium end en misforståelse, og det kan beskrives med følgende spørgsmål.

4.2. Kan UV-C-stråling fjerne aerosoler?

Hvis man skal tro på mange producenter inden for ventilationsteknik, så er det tilfældet. Det hævdes ofte, at ultraviolet stråling fra UV-C-rør er i stand til at fjerne olier og fedtstoffer fra udluftningsstrømmen. Dette mysterium er især udbredt inden for industriel køkkenventilation. Ifølge nogle producenter er det ikke så meget aerosoludskillere, som jeg har præsenteret i kapitel to, men snarere UV-C-systemer, der angiveligt holder køkkenventilationen fri for fedt og olie.

Som allerede forklaret, kan sådanne olier og fedtstoffer i luften forekomme enten som aerosoler eller i fordampet form.

Misforståelse

UV-C-stråling renser luften for fedt og olie.

Mange producenter hævder, at et passende UV-C-system i køkkenets udluftningsanlæg kan fjerne alle disse former for fedt og olie fra luftstrømmen og holde køkkenets ventilationssystem fuldstændig fri for olie og fedt.

Det lyder fantastisk, ikke? Desværre er disse banebrydende luftrensningsegenskaber endnu ikke blevet bevist på et rimeligt videnskabeligt niveau.

Vi ved nu, hvor kompleks det er at fjerne bakterier og vira pålideligt ved hjælp af UV-C-stråling. At rense luften for aerosoler og dråber fra olier og fedtstoffer ved hjælp af ultraviolet stråling er noget helt andet!

Det starter allerede med størrelsen og egenskaberne af disse luftforurenende stoffer: Et virus er mange gange mindre end et olieaerosol. Desuden fordamper vira og bakterier ikke bare eller nedbrydes på anden måde. Ultraviolet stråling beskadiger deres arvemateriale så meget, at de ikke længere kan formere sig og dø.

Når det gælder rensning af udluftning for olier og fedtstoffer, hævdes det, at disse opløses fuldstændigt og forsvinder – i hvert fald ifølge de store løfter! Hvordan skal det fungere?

Misforståelse

Fedt nedbrydes fuldstændigt ved fotolyse.

Producenterne fremsætter de mest fantasifulde påstande om dette emne. Således skal specielle UV-lamper være i stand til at nedbryde fedtbelastninger i luften ved hjælp af fotolyse. Dermed vil fedtbelastningen blive reduceret med 95 %, og fedtet omdannes til slutprodukterne ilt, kuldioxid, vand og støvagtige reststoffer.

Når man spørger, hvordan sådanne påstande er blevet målt og valideret, får man altid det samme svar: "Vi har observeret det!" eller "Vi har installeret sådanne anlæg i mange år, og vi har observeret det igen og igen, vi kan ikke tage fejl!"

I de fleste tilfælde findes der ingen måleteknik, ingen måleprotokoller og heller ingen undersøgelser, der på nogen måde understøtter disse udsagn og observationer. Løfterne og tilsagnene begrundes med årtiers erfaring og egne observationer, som ikke kan være forkerte over en så lang periode.

Praktisk eksempel: Udstødningsværdier

Også VW-koncernen har årtiers erfaring med udvikling af dieselmotorer og var sikker på, at den ikke kunne tage fejl med hensyn til udstødningsværdierne for sine motorer.

Hvor kommer denne overdrevne iver fra? Hvorfor bruger så mange producenter denne teknologi i kommercielle køkkenventilationssystemer?

Fordi det er en yderst lukrativ forretning. Det er ikke noget problem at købe rørene, og enhver elektriker med en smule erfaring kan integrere dem i et udluftningssystem, så man med en virkelig overskuelig investering kan opgradere sit køkkenventilationssystem med mange tusinde euro!

Misforståelse

Et køkkenventilationsanlæg bliver altid forbedret ved brug af UV-lys.

Men her opstår spørgsmålet: Har man virkelig opgraderet anlægget? Fjernes fedt og olie pålideligt til 95 %? Får brugeren faktisk en varig merværdi ved denne ekstra investering?

For at kunne besvare dette seriøst, skal man se på fakta. Først derefter kan vi forsøge at besvare de ovenstående spørgsmål. Til dette formål har vi samlet alle de velunderbyggede fakta, der findes om disse myter:

1. Et UV-system skal producere ozon

UV-C-systemer har kun indflydelse på fedt og olie i udluftningen fra erhvervskøkkener, hvis der anvendes de rigtige UV-C-rør. Disse skal kunne afgive ultraviolet stråling med en bølglængde under 200 nanometer. Det er kun muligt med rør

fra et syntetisk kvartsglas. Det smarte her er, at ultraviolet stråling i et bølgelængdeområde på 185 nanometer ikke filtreres af dette glas og dermed kan afgives. Det er en grundlæggende forudsætning for at kunne producere ozon.

2. Ozonet skal oxidere fedt og olier

Ved brug af de rigtige rør og en stråling med den rigtige bølgelængde dannes der altså ozon i ventilationssystemet. Ozon er vigtigt for overhovedet at opnå en effekt på olier, fedtstoffer og mange andre stoffer. Det er dog et meget stærkt oxidationsmiddel. Af denne grund er det også sundhedsskadeligt og mistænkes endda for at være kræftfremkaldende. I køkkenudsugningen kan man dog forsøge at oxidere olier og fedtstoffer. Men jeg siger bevidst: Man kan FORSØGE!

Forskningsrapport fra USA

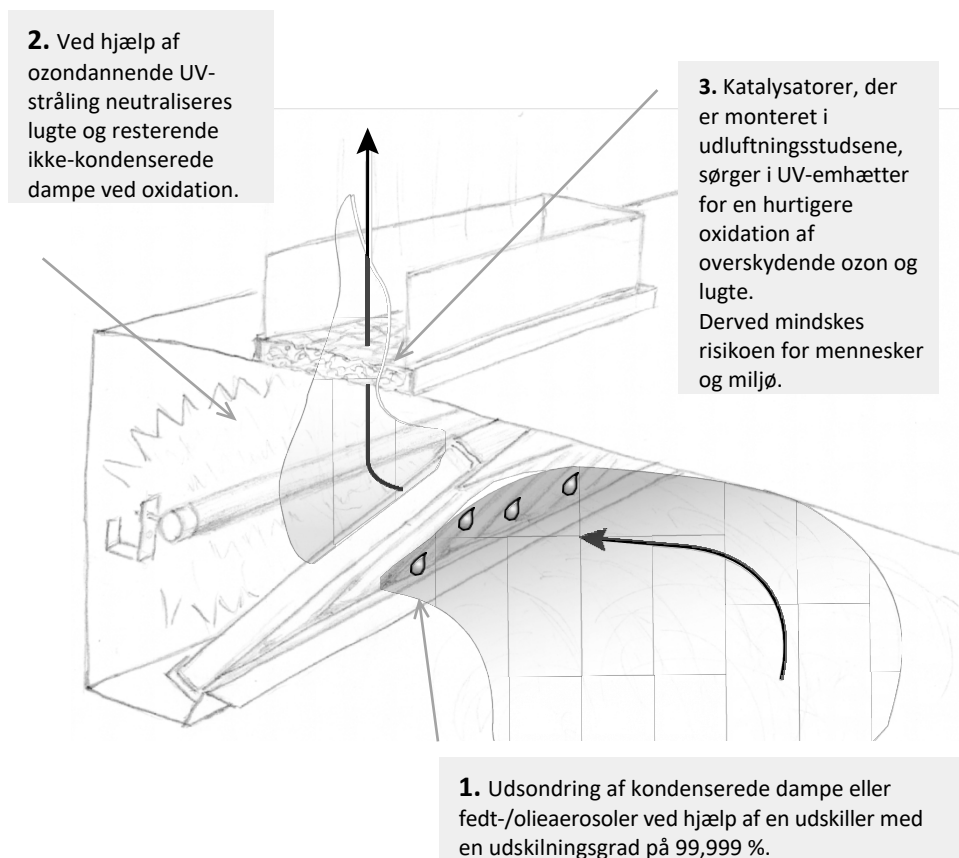
De seneste undersøgelser fra USA viser, at denne oxiderende virkning på olier og fedtstoffer ganske vist findes, men ikke er særlig effektiv. Olier og fedtstoffer oxideres kun delvist, og påstanden om, at olier og fedtstoffer kan fjernes fuldstændigt, bekræftes ikke af disse undersøgelser. Tværtimod! På grund af ozonens høje farepotentiale rejser sig snarere spørgsmålet, om produktionen af ozon i sådanne systemer ikke skader miljøet mere, end det gavner det! Den pågældende forskningsrapport blev offentliggjort i 2020 af ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) og har titlen "Research Project 1614 Determining the Effectiveness of UVC Systems on Commercial Cooking Effluent".

3. Effektiv fedtjernelse på forhånd

På grund af ozonens begrænsede indvirkning på olier og fedtstoffer skal hovedvægten i køkkenudsugningssystemer derfor lægges på opsamling, udsugning og rensning af den udledte luft via filtre og separatorer, så den udledte luft i videst muligt omfang renses for olier og fedtstoffer. Hvis den udledte luft desuden lugter stærkt, skyldes det fordampede

olier og fedtstoffer. Til dette formål – og kun til dette formål – kan der i begrænset omfang anvendes et UV-C-system, der producerer ozon. Man må dog ikke glemme de potentielle farer ved sådanne systemer.

Fornuftig anvendelse af UV-stråling i køkkenhætter



Figur 28

4. Ozon er potentielt kræftfremkaldende.

UV-C-anlæg, der producerer ozon via deres stråling, udgør en stor fare, som brugerne i erhvervsskøkkener alt for sjældent bliver gjort opmærksom på, endsige får detaljerede instruktioner om, hvordan man undgår sundhedsrisici. Som tidligere nævnt kan denne stråling beskadige virus og bakteriers arvemateriale. Den arvematerielle skade er dog ikke begrænset til virus og bakterier. Den påvirker også mennesker, der udsættes for denne stråling. Den dannede ozon er en sundhedsskadeligt gas og mistænkes for at være kræftfremkaldende.

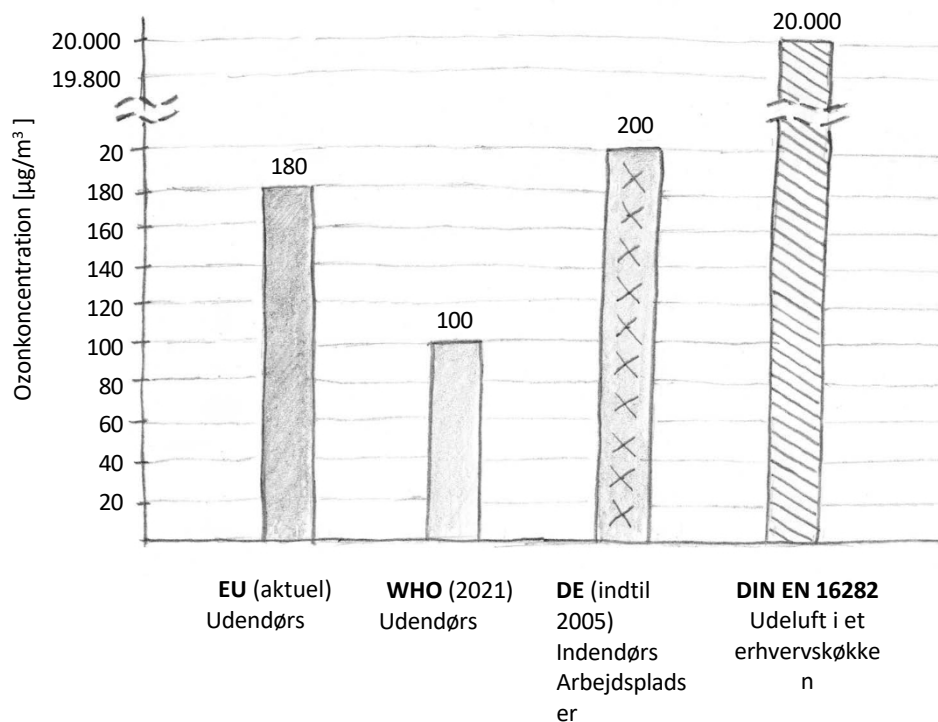
Af denne grund er alle grænseværdier for ozon i indendørs rum nu blevet ophævet i Tyskland. I byer udløses der endda regelmæssigt ozonalarm, når ozonværdierne udendørs er for høje. Ved høje værdier rådes befolkningen til ikke at dyrke sport udendørs og om muligt at blive hjemme. I mange tekniske løsninger inden for ventilationsteknik og luftrensning anvendes imidlertid netop den type stråling, der danner sådanne farlige gasser.

Praktisk eksempel: Køkkenventilation

Jeg har selv flere gange oplevet, at kokke har fortalt mig om lysstofrør bag filtrene i deres køkkenhætter og var usikre på, om disse stadig fungerede. Da jeg fortalte dem og deres køkkenpersonale, at det ikke var lysstofrør, men UV-C-systemer, der genererede farlig stråling og frigav sundhedsfarlige gasser, så jeg ikke kun én gang meget forskrækkede ansigter.

Så langt er listen over fakta, som ikke er udtømmende og sikkert kunne udvides med flere punkter.

Ozon-grænseværdier



EU: maks. eksponeringsmængde i en time pr. dag (1-timers gennemsnit), hvis denne værdi overskrides, informeres befolkningen



WHO: maks. eksponeringsgrænse i otte timer pr. dag (8-timers gennemsnit)



DE (gældte indtil 2005): daglig MAK (maksimal koncentration på arbejdspladsen). Siden da har der ikke været nogen ozonværdier for arbejdspladser indendørs i Tyskland, da ozon mistænkes for at være kræftfremkaldende for mennesker. I Schweiz gælder MAK-værdien på 200 μg fortsat.



I henhold til **DIN EN 16282** er 20.000 μg den øverste grænseværdi for ozon i udluftningen fra en køkkenemhætte. Det er 100 gange arbejdspladsværdien i Tyskland (gyldig indtil 2005)! Eller 200 gange WHO's 8-timers gennemsnitsværdi for udendørsområdet!

Figur 29

Måleteknikken er for eksempel et andet punkt. De kan slet ikke forestille Dem, hvor mange producenter der sælger ozonproducerende systemer, men ikke har nogen passende måleteknik til at bestemme koncentrationen af det farlige ozongas.

Misforståelse

Olier og fedtstoffer er opløst, fordi de ikke kunne måles (med bestemte teknikker).

Der er også producenter, der med en passende partikelmåleteknik leverer et angiveligt verificerbart bevis for fjernelse af alle olier og fedtstoffer. I disse tilfælde ville det ofte være tilstrækkeligt med en simpel temperaturmåling. Hvorfor? I nogle systemer er der installeret mange UV-C-rør i afluftkanalen eller emhætten. Disse bliver meget varme under drift og opvarmer dermed hele det omgivende rum. Dette får mange olier og fedtstoffer til at fordampe.

5. Hvordan kan luftstrømme gøres synlige?



I begyndelsen af pandemien i 2020 kunne vi observere en "spændende" tendens i Tyskland. Ikke alene eksploderede udbuddet af kompakte rumluftrensere pludselig, der var også pludselig hundredvis af ventilationseksperter og aerodynamikere i Tyskland. Tusindvis af grafiske fremstillinger af luftstrømmen i store kontorer eller klasseværelser blev lavet og vist overalt. Hvad havde alle disse illustrationer til fælles? De var smukt farvede, og der var mange pile. Disse pegede for det meste på en luftrenser, der var placeret i et hjørne af rummet og skulle rense luften for vira og skadelige stoffer.

Nu ved vi fra kapitel 1, at det er yderst kompliceret at suge noget ind – , og alene af den grund bør det nu være klart, at en luftrenser i hjørnet ikke er i stand til at suge al luften i et klasseværelse eller et stort kontor ind. Der kan være så mange farvede pile, der peger på rumluftrenseren, men luften vil ikke strømme derhen (se fig. 5)!

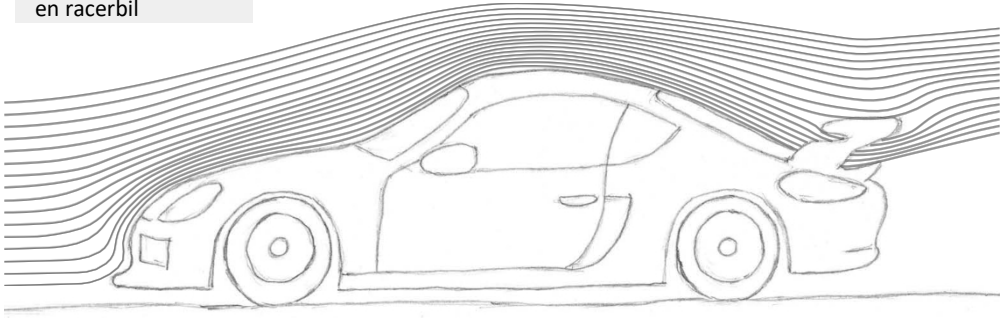
De fleste af disse farverige grafikker viser altså ganske enkelt fiktive luftstrømme, der ikke har noget med virkeligheden at gøre. Men hvordan kan man fastslå og synliggøre den faktiske forløb af disse luftstrømme?

Grundlæggende forskning i analyse af luftstrømme

Hermann-Rietschel-Institut ved Technische Universität Berlin udfører omfattende grundforskning inden for dette område. Om analyse af luftstrømme og effektiviteten af ventilationsforanstaltninger siger repræsentanter for instituttet følgende: "For at vurdere, hvor godt luftfornyelsen og fjernelsen af skadelige stoffer fungerer i rummet og i detaljer i hvert punkt i rummet, bruger vi den såkaldte ventilationseffektivitet. Denne kan bestemmes ved hjælp af numeriske strømningssimuleringer og/eller målinger. I alle vores projekter bruger vi disse metoder til at vurdere rumluftstrømninger og udvikle nye, effektive former for ventilation."

Visualisering af luftstrømme

Visualisering af
aerodynamikken i
en racerbil



I fly- og racerbilkonstruktion har strømningssimulering længe været kendt. I mellemtiden anvendes beregning og visualisering af luftstrømninger også til optimering inden for rumluftteknik.

Figur 30

Hvad betyder det for os? Vi har altså brug for en strømningssimulering og passende måleteknik. Det er netop det, vi har nævnt i de foregående kapitler, f.eks. i forbindelse med aerosolfiltrering eller UV-C-teknologi. Hvordan implementeres denne metode for luftstrømningen?

5.1. Misforståelsen på grund af de farverige billeder af luftstrømninger

De farverige billeder med de mange pile er hverken en numerisk strømningssimulering eller baseret på måleværdier fra en omfattende måleserie. I de fleste tilfælde er det fiktive fremstillinger af luftstrømningen, som ikke har noget med de faktiske forhold at gøre. De er altså bogstaveligt talt taget ud af luften og afspejler ikke engang i nærheden af virkeligheden!

Misforståelse

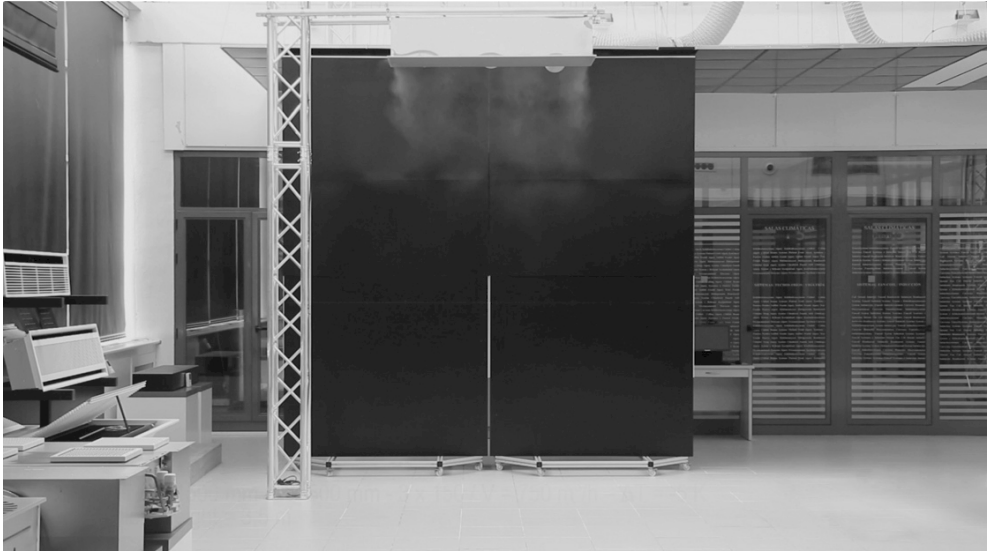
Luftstrømningens vej er forudsigelig.

En udbredt misforståelse inden for ventilationsteknik er den forhastede antagelse, at man på forhånd ved, hvordan luften vil opføre sig. I kapitel 2 har vi vist, hvilke fejlagtige fortolkninger og forkerte konklusioner dette kan føre til i forbindelse med produktudvikling. For også vi i vores team begik denne fejl dengang, da vi udviklede vores X-CYCLONE®-teknologi- .

SCHAKO CFD-kompetencecenter

SCHAKO-koncernen har endda sit eget team til strømningssimuleringer og måleteknik. Hos SCHAKO IBERIA i Spanien har vi opbygget et CFD-kompetencecenter. Dette team beskæftiger sig hovedsageligt med netop den opgave, som Hermann-Rietschel-Institutet ved Technische Universität Berlin så rammende har formuleret! I vores CFD-kompetencecenter gør vi luftstrømninger synlige ved hjælp af numeriske strømningssimuleringer og passende måletekniske anordninger.

SCHAKO-laboratoriet i brug



Indblik i testopstillingen til visualisering af tilluftsstrømninger

Figur 31

Misforståelse

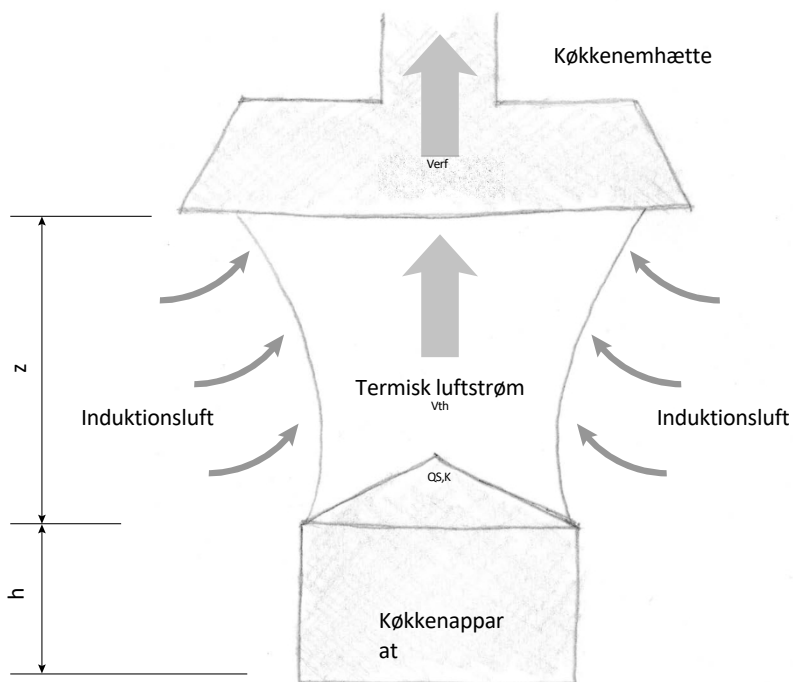
Visualiseringsmodeller svarer til virkeligheden.

Også normer og retningslinjer er ofte baseret på den samme forkerte opfattelse som fremstillingerne i de "farverige billeder". Retningslinjer for industriel køkkenventilation som VDI 2052 og internationale normer som DIN EN 16282, der gælder i hele Europa, indeholder også fremstillinger med farvede pile. Billederne viser køkkenudstyret i et køkken og luftstrømmene fra dette køkkenudstyr til emhætten. Yderligere pile, der peger ind i rummet, skal illustrere strømmen af frisk tilluft ind i køkkenet. De er oftest tegnet med lige lodrette eller vandrette pile, der antyder en knivskarp afgrænsning af strømmen.

En pil, der løber lodret opad fra komfuret og når helt op til emhætten, skal forestille den luft, der suges direkte og umiddelbart ud – her må man spørge sig selv, hvad det har med virkeligheden at gøre? I hvert fald ikke meget med den faktiske luftstrøm. Der er tale om en model, der skal forestille termikken over et komfur. Denne termik skaber en opadgående luftstrøm. Denne opfanges af emhætten over komfuret og suges ud. Sådan er modellen i VDI-retningslinjen VDI 2052. Der er ingen tvivl om, at det er en model, man kan udlede meget af. For eksempel er design- og beregningsmetoder til bestemmelse af de nødvendige mængder af udluft baseret på denne model. Ved hjælp af disse modeller beregnes den mindste mængde udluft, som en emhætte skal have, afhængigt af de anvendte komfurer.

Så langt, så godt. Det, der imidlertid ofte fører til fejlfortolkninger og misforståelser, er antagelsen, at en sådan strømningsmodel svarer til virkeligheden. Desværre er det oftest ikke tilfældet.

Enkel strømningsmodel for en køkkenventilation



Gengivet fremstilling af strømningsmodellen i VDI-retningslinje 2052:

Pilenes placering og retning siger intet om den faktiske adfærd eller det reelle forløb af de enkelte luftstrømme.

Figur 32

Den faktiske forløb af luftstrømme og deres betydning

Som vi allerede har erfaret, kan konventionelle køkken- og opsamlingshætter kun i meget begrænset omfang suge opadstrømmende madlavningsdamp direkte ud. Meget ofte ophober disse sig i konventionelle opsamlingshætter uden at blive suget ud med det samme. Således kan damp, der først er opsamlet, endda strømme ud af køkkenhætten igen.

Strømningsmodellen i den nævnte direktiv afspejler således kun i meget begrænset omfang den faktiske adfærd af luftstrømningerne. Dette gælder også for modeller i andre direktiver og standarder. Som med alle naturvidenskabelige modeller er det også her vigtigt at definere modellens rammer nøjagtigt, dvs. at fastlægge dens gyldighedsområde præcist. Hvis modellen betragtes som alment gyldig og forstås som en gengivelse af de faktiske forhold, vil dette føre til grundlæggende misforståelser! Disse bliver senest synlige ved en faglig og korrekt CFD-simulering.

5.2. CFD-simuleringer gør luftstrømme synlige!

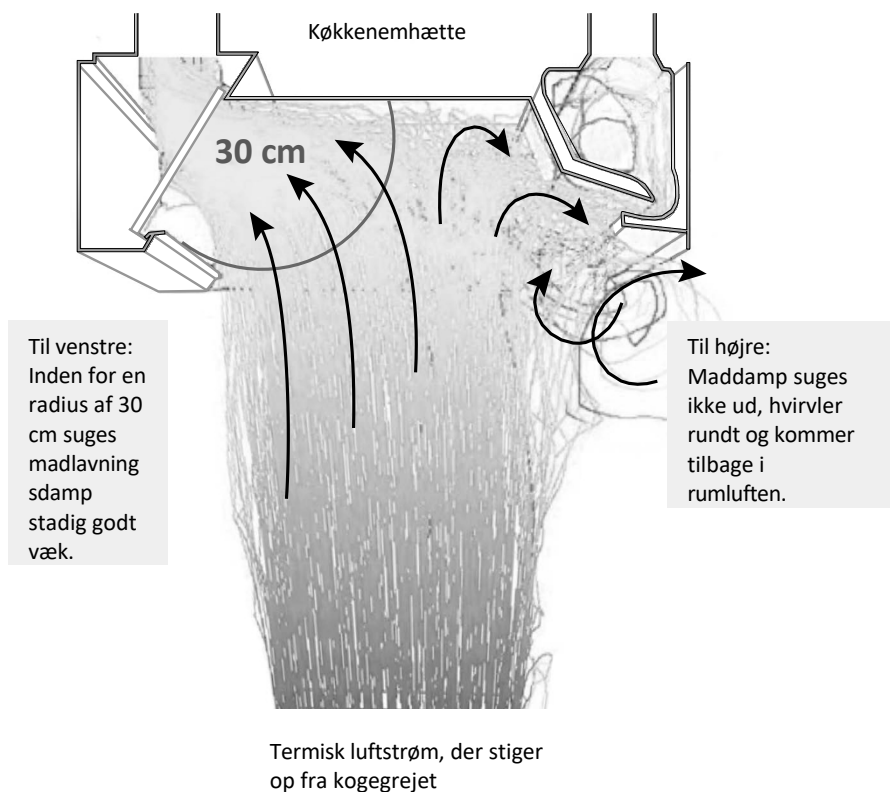
Veludførte CFD-simuleringer viser alle fysiske størrelser af en luftstrøm over hele området. Dermed kan også funktionen og effektiviteten af et ventilationssystem påvises og dokumenteres. I kapitel 1 har vi allerede udførligt vist, at konventionelle opsamlingshætter kun kan udsugge opadstrømmende dampe direkte i et snævert område omkring indsugningsstedet. Allerede i en afstand af 50 centimeter fra filtrene og indsugningsstedet kan vi ikke længere måle nogen udsugning. I en CFD-simulering er dette meget let at se, og man kan ved hjælp af luftstrømmene konstatere, at dampe også trænger ud af emhætten igen. Dampe og luftstrømme, der først opfanges i emhætten, slipper altså ud igen og bliver ikke suget ud!

Misforståelse

I en emhætte udsuges alle opstigende dampe.

Denne observation modsiger modellens antagelse om, at al luft, der strømmer opad fra komfuret og ind i emhætten, straks suges ud. Hvordan man kan reagere på dette problem, og hvilke produktudviklinger der er nødvendige på baggrund af disse erfaringer, ved vi allerede fra de foregående kapitler.

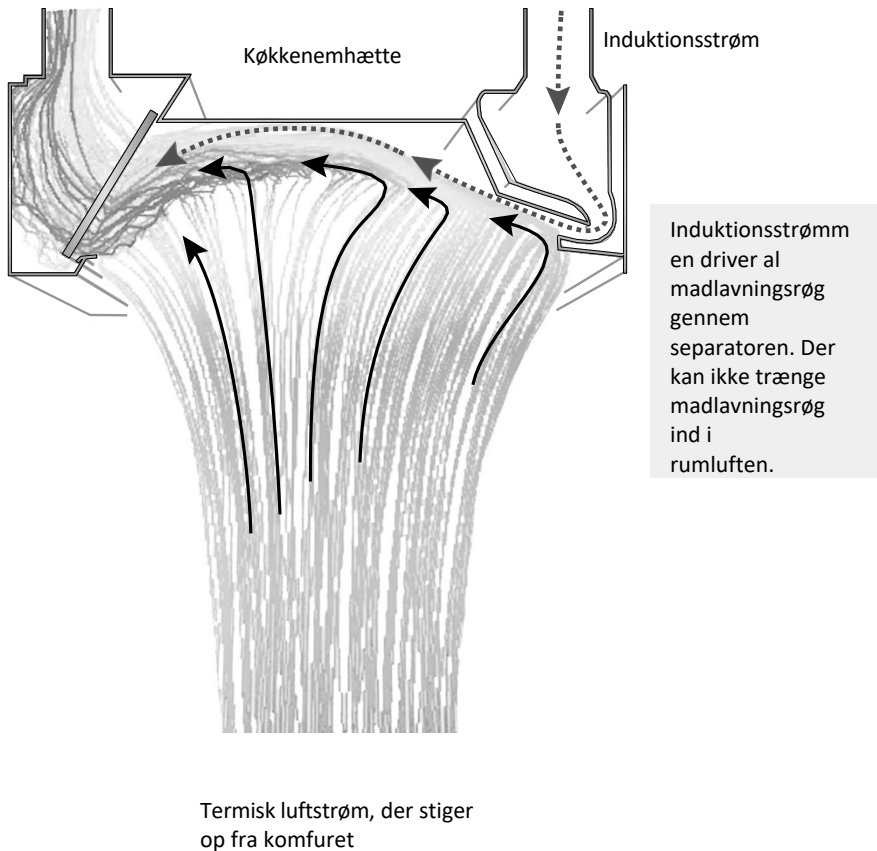
CFD-strømningsbillede af en køkkenemhætte uden induktionsstrøm



Denne CFD-simulering af luftstrømmen i en af vores emhætter viser tydeligt, hvordan maddampene ved kraftig madlavning hvirvler uden for udsugningsradius og igen kommer ind i rumluften.

Figur 33

CFD-strømningsbillede af en køkkenemhætte med induktionsstrøm



CFD-simuleringen viser effektiviteten af en induktionsstrøm.

Figur 34

I dette kapitel ser vi altså også, hvor mange misforståelser der i øjeblikket er inden for ventilations- og luftrensningsteknik. Jeg har allerede forklaret, at der også har været sådanne misforståelser hos REVEN GmbH i fortiden. Til afslutning af denne serie følger her endnu et eksempel:

I industrien er det ikke usædvanligt at anvende såkaldt kildeluftteknik til at tilføre frisk luft til rum. Der er tale om en frisklufttilførsel med lav intensitet. Det betyder, at den friske luft som regel strømmer ind i rummet med lav strømningshastighed gennem fine hulplader. Sådanne kildevandsystemer er ideelle, hvor der kræves højeste komfort, da den lave lufthastighed sikrer en rolig og trækfri tilførsel af frisk luft. Ideelt dannes der en såkaldt lagstrømning. Her blandes den friske luft ikke intensivt med luften i rummet, men takket være denne smarte tilførsel dannes der lag i rumluften, både af frisk, ubrugt luft og af brugt eller forurenede luft. I det ideelle tilfælde påvirker og forstyrrer disse forskellige luftlag hinanden så lidt som muligt. Hvordan kan dette implementeres i praksis? Mange producenter løser problemet med smukke "farverige billeder" med mange pile, svarende til modellen i VDI-retningslinjen.

Også vi hos REVEN faldt for omkring 20 år siden for denne models vildledende konklusioner. Vi designede nye tilluftsprodukter, hvor plader var integreret i flere lag. Det var hulplader, dvs. plader med tusindvis af små huller. Disse tjener til at udligne luftstrømmen.

Efter vores opfattelse bør friskluftstrømmen spredes pænt, så den "strømmer" jævnt og langsomt ind i rummet. Man kan forestille sig det på samme måde som en brusehoved. Her fordeles en kraftig, koncentreret vandstråle fra vandledningen jævnt og kommer ud af brusehovedet uden stort tryk.

Praktisk eksempel: Kildevandsystemer – vores antagelse

Baseret på dette princip udviklede vi for omkring 20 år siden REVEN® kildeventilationssystemerne, da vores team var 100 procent sikre på, at sådanne systemer kun ville "risle" meget fint opdelt frisk luft ind i rummet, der ville danne en klart afgrænset lagstrøm til den brugte luft, og at disse to luftstrømme på ingen måde kunne påvirke hinanden. Præcis som i de mange ovennævnte

Modeller skitseret: Smukke blå pile, der viser, hvordan tilluften strømmer lige ind i rummet og danner et lag af frisk tilluft uden at forstyrre den røde pile, der viser afluften, så denne uhindret kan strømme ind i opsamlingshætten, hvor den opsamles og suges ud.

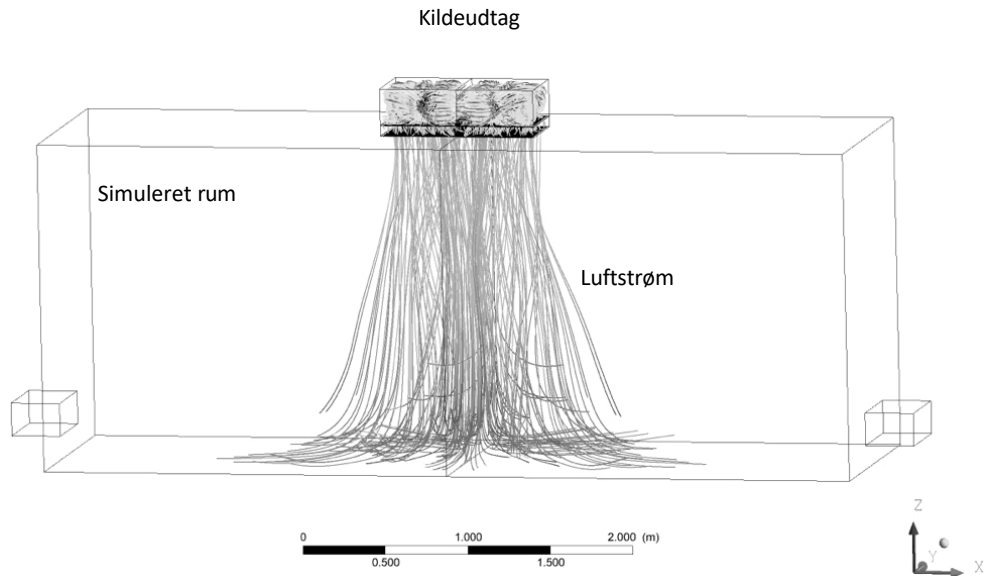
Praktisk eksempel: Kildeanlæg – tvivl

Jeg kan stadig huske, da jeg i 2017 præsenterede vores kildevandsprodukter for en ekspert fra det spanske SCHAKO CFD-team. Ved hjælp af mange flotte, farverige billeder med pile forklarede jeg ham, hvad vores tilluftsprodukter kan. Da han kiggede nærmere på vores konstruktion og analyserede de relevante konstruktionsplaner, kom han i tvivl, hvilket hurtigt dæmpede min optimisme. "Sven, vi er nødt til at simulere det og måle det, for jeg er i tvivl om, at det er, som du lige har forklaret mig." Og hvad skal jeg sige? Han havde ret!

Praktisk eksempel: Kildeventilationssystemer – virkeligheden

Da teknikeren viste mig sine første CFD-analyser, fik jeg næsten et hjerteslag. Kort efter at den sidste hulplade var passeret, spredte den indstrømmende friske luft sig og dannede præcis det modsatte af et skarpt afgrænset lag, der strømmer direkte fra loftet mod gulvet. Jeg kunne næsten ikke tro mine egne øjne, da jeg så CFD-analysen. Derefter undersøgte teknikeren vores gamle friskluftudtag i strømningslaboratoriet og gjorde luftstrømmene synlige ved hjælp af tågemaskiner. Denne undersøgelse viste det samme resultat som CFD-analysen. Senest da stod det klart for mig, at vi hos REVEN havde taget grueligt fejl!

CFD-analyse af vores kildeudluft



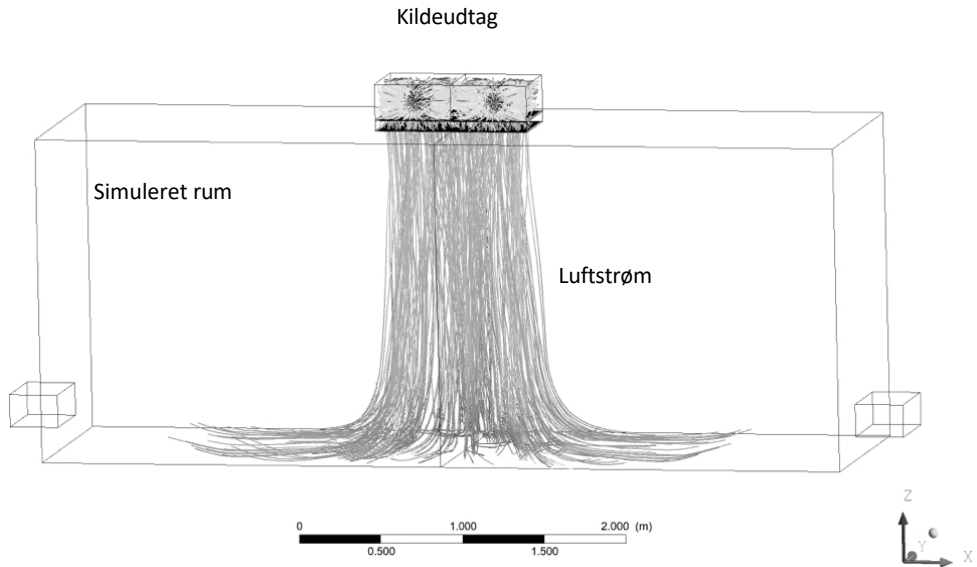
CFD-simuleringen viser spredningen af den indstrømmende luft fra loftet.

Figur 35

Praktisk eksempel: Kildelufts-systemer – optimering takket være CFD

I overensstemmelse med mottoet "Fare erkendt, fare afværget" begyndte vi i 2017 at gøre præcis det, vi skulle have gjort fra starten. Vi har optimeret effektiviteten af vores tilluftsprodukter ved hjælp af CFD-simuleringer og måleteknik og har dermed opnået en effektivitet, der kommer meget tæt på det farverige billede med den blå pil, der peger nedad fra loftet mod gulvet.

Optimering af kildeudløbet



CFD-simuleringen viser, hvordan tilluften strømmer i en lige linje fra loftet til gulvet.

Figur 36

Men for at opnå denne strømningsforløb var det nødvendigt med ca. 12 måneders arbejde med mange CFD-analyser og strømningssimuleringer. Resultatet blev til sidst et virkelig effektivt tilluftssystem uden misforståelser. Mange tak til SCHAKO CFD-teamet!

Visning af den synlige luftstrøm i et effektivt tilluftssystem



I SCHAKO-laboratoriet gøres tilluften synlig ved hjælp af en tågemaskine. Man kan se, hvordan den indblæste tilluft strømmer blidt nedad. Optimeringen af kildeudløbet ved hjælp af CFD-analysen har været umagen værd.

Figur 37

6. Hvordan kan luftforurening ?



I mange år har der været enighed om, at forurennet luft ikke er sundt. Under pandemien har vi lært, hvor farlig luft, der er belastet med vira, kan være for vores sundhed. Derfor vil jeg her opregne, hvad der kan forurene eller forringe luften. Luftforurening omfatter blandt andet:

1. Fremmedlegemer

2. Fint støv, svampesporer og pollen

3. Gasser og dampe

Partikler og aerosoler

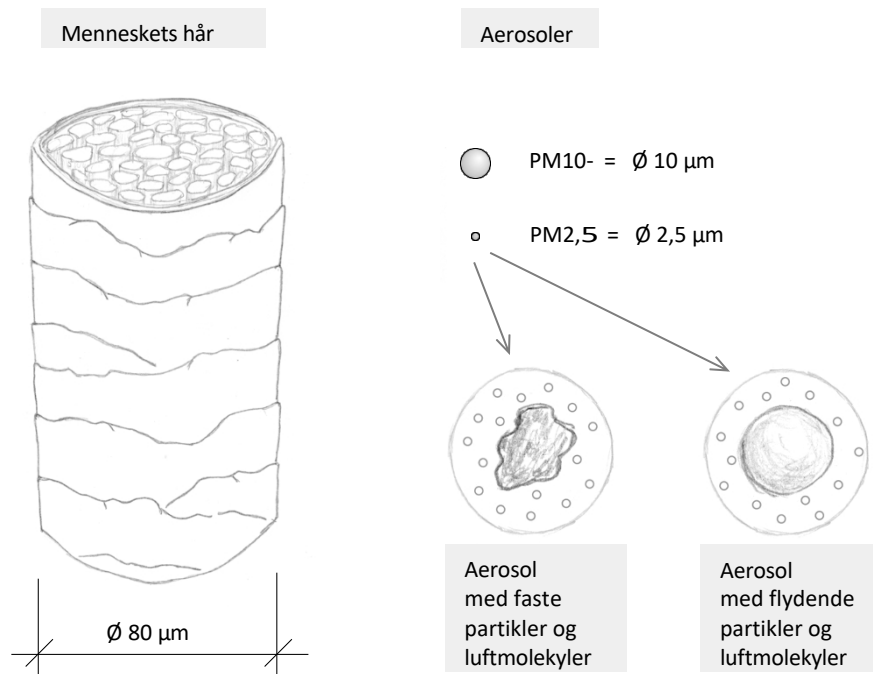
Ifølge oplysninger fra Verdenssundhedsorganisationen (WHO) har luftforurening den største negative indvirkning på menneskers sundhed på verdensplan. Derfor blev den såkaldte PM-standard defineret i USA i 1987. PM står for Particulate Matter og er andelen af faste eller flydende partikler i luften. Disse faste eller flydende partikler er ofte bestanddele af aerosoler. Aerosoler er altså en blanding af luft og partikler. Også her er der ofte misforståelser, og begreberne forveksles.

Misforståelse

Aerosol er et andet ord for partikler.

Partikler, der svæver i luften, er ikke i sig selv aerosoler, men dannes først i kombination med den omgivende luft. Betegnelsen PM10 definerer således forekomsten af bittesmå partikler i luften med en diameter på 10 mikrometer (0,01 millimeter) og mindre. Til sammenligning har et menneskehår en diameter på ca. 50 til 80 mikrometer (0,05 til 0,08 mm). Det skal bemærkes, at disse svævende PM10-partikler både kan bestå af faste støvpartikler og små flydende oliedråber. Enkelt sagt består et aerosol altid af gas, oftest luft, og en fast eller flydende partikel, der svæver i luften.

Størrelse og sammensætning af et aerosol



Figur 38

Angivelsen PM10 eller PM2,5 refererer til partiklernes størrelse. Tallet angiver diameteren i mikrometer. Også her skal man være opmærksom på, at der ikke opstår misforståelser!

Misforståelse

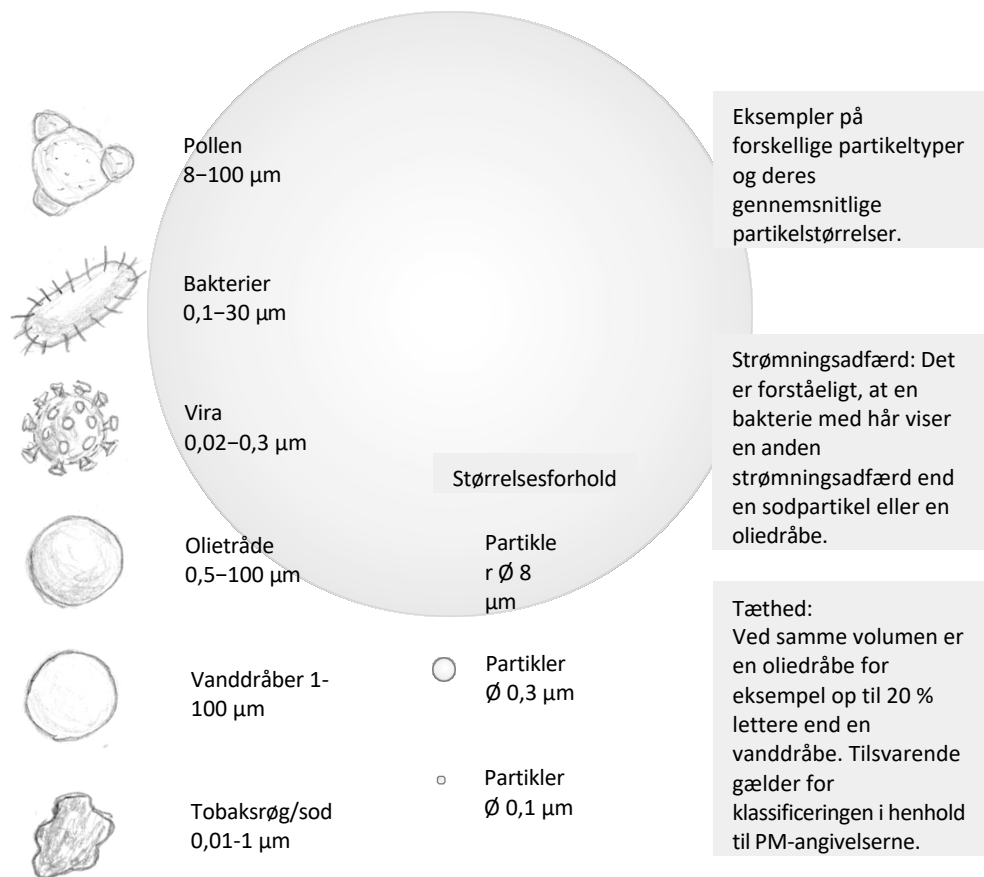
På baggrund af PM-angivelserne kan man udlede den faktiske form og størrelse af en partikel.

Angivelsen af en diameter forudsætter egentlig, at partiklen er kugleformet. Men hvordan kan det være? Har støvpartikler, sandkorn, vira og alle andre former for luftforurening altid form som en kugle? Selvfølgelig ikke! Ofte har disse partikler en helt anden form!

Tildeling af PM-værdier til de enkelte partikler

Men hvordan kan alle disse partikler så defineres ved hjælp af en diameter på PM10, PM2,5 eller PM1? Det kan man gøre ved hjælp af et trick: Man sammenligner simpelthen de faktiske partikler, der har en vilkårlig geometri, med partikler, der har en kugleformet geometri og opfører sig på samme måde i luften som de egentlige partikler. Her tages der for eksempel hensyn til strømningsadfærd, men også til diffusionsadfærd og partiklernes tæthed. Man ser på, hvilke geometrisk sfæriske partikler der udviser samme adfærd som de egentlige partikler i forhold til disse punkter. De sfæriske partikler med samme strømnings- og diffusionsadfærd kan således defineres som PM10, PM2,5 eller PM1. Den diameter, der bestemmes på denne måde, kaldes i videnskaben også for aerodynamisk diameter.

Typer, former og størrelse af partikler



Figur 39

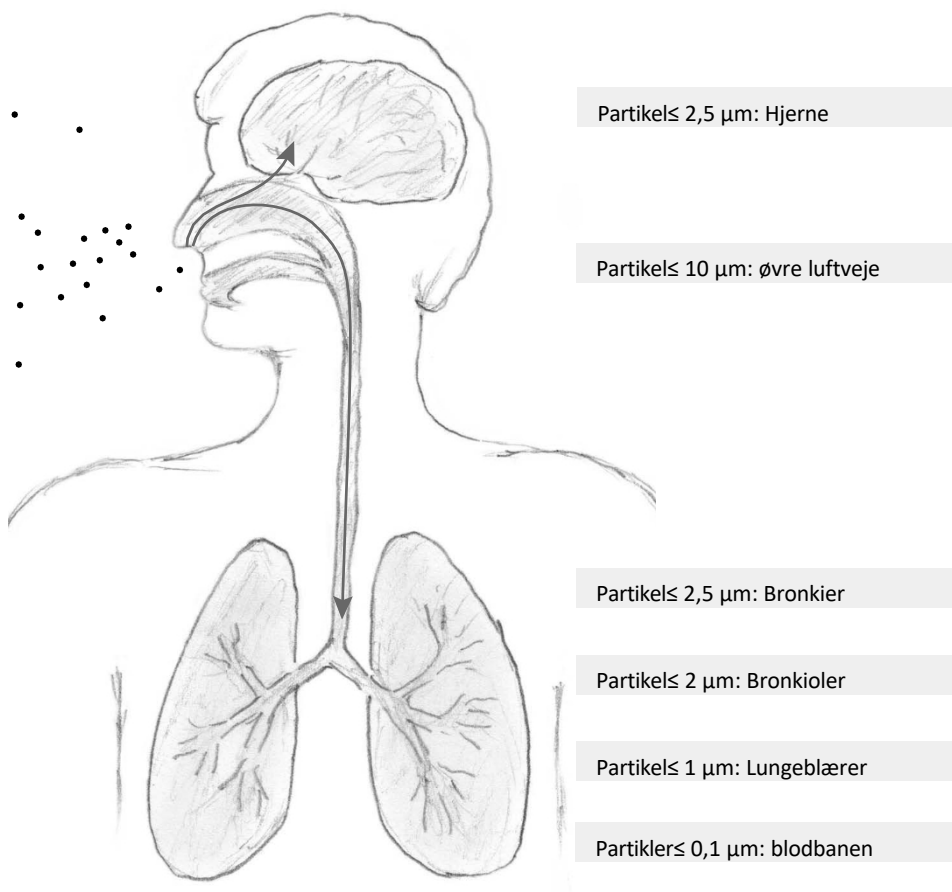
PM10-partikler kan indåndes

Da der i 1987 blev fastsat standarder for luftforurening i USA, begyndte man først med at undersøge luftforurening i PM10-området, dvs. partikler med en diameter på 10 mikrometer og derunder. Hvorfor netop dette størrelsesområde? Fordi partikler af denne størrelse ikke længere filtreres og udskilles i munden og næsen, når de indåndes. De når ned i lungerne.

PM2,5-partikler når helt ned i lungeblærene

I mellemtiden er dette område blevet yderligere indsnævret til PM2,5. Også her spillede sundhedsbeskyttelse en afgørende rolle: Partikler, der er mindre end 2,5 mikrometer, kan trænge ind i vores lungeblærer. Når luftforurening kan trænge ind i det inderste af vores krop, kan man forestille sig, hvilke negative virkninger det kan have på vores sundhed.

Partikeloptagelse ved indånding



Det er efterhånden velkendt, at PM₁₀-partikler i de øvre luftveje og PM_{2,5}-partikler i de nedre luftveje kan forårsage skader. Ifølge de nyeste undersøgelser kan partikler, der er mindre end $2,5 \mu\text{m}$, nå direkte ind i hjernen via lugtebanen eller blodbanen og der påvirke hjernens funktion.

Figur 40

For nylig udtrykte en af mine interviewpartnere det så præcist i min nye podcast "Luftpost":

"Det, vi indånder i produktionslokaler, er ofte stoffer, der ikke hører til i vores krop og som heller ikke må komme ind i vores krop!"

Men også her er der store misforståelser inden for ventilationsteknik og luftrensning!

6.1. Misforståelsen om luftkvaliteten indendørs

Efter mere end to årtier i branchen er det stadig et mysterium for mig, hvorfor der er så store misforståelser om indeklimaet. Af uforklarlige årsager går folk altid ud fra, at luften, de indånder indendørs, er af acceptabel kvalitet og uden nævneværdig forurening.

Misforståelse

Indendørs luftkvalitet er for det meste ufarlig.

I over et årti har vi engageret os i oplysning om dette emne, men vi bliver næppe hørt. Ofte møder vi forundrede ansigter, der afslører, at man ikke rigtig tror på vores forklaringer! Hvorfor er det sådan? Hvad er det, vi ønsker at oplyse om? I bund og grund handler det om en ganske enkel ting, nemlig håndteringen af luftforurening i tyske storbyer sammenlignet med håndteringen af luftforurening i indendørs rum.

Måling af finstøv i storbyer

I vores storbyer taler man om luftforurening og overvejer kørselsforbud, når grænseværdien på 50 for PM10-fint støvpartikler overskrides over en længere periode. For at bestemme værdierne måles det på et målepunkt i byen, hvor mange PM10-fint støvpartikler der er i en kubikmeter luft.

Enkelt forklaret: Man har et luftvolumen på en kubikmeter byluft, og ved hjælp af passende måleteknik kan man måle, hvor mange partikler af finstøv med en diameter på 10 mikrometer eller mindre der er i denne kubikmeter byluft. Partiklernes diameter gør det muligt at beregne deres volumen, densiteten gør det muligt at bestemme deres vægt, og det målte antal gør det muligt at beregne den samlede vægt af forurenende stoffer i en kubikmeter byluft. Denne samlede vægt angives i mikrogram.

Betydningen af luftkvaliteten udendørs



Den stigende betydning af luftkvaliteten kan ses i den detaljerede oversigt over forurenende stoffer i nutidens vejr-apps. De aktuelle værdier for den indtastede by vises sammen med en forklaring af, hvad de forskellige forurenende stoffer kan forårsage.

Eksempel:
Stuttgart den 14.
juli 2023
kl. 16:05 **PM10:**

25 µg/m³ PM_{2,5}:

10 µg/m³

Figur 41

Aktuelle grænseværdier for luftforurening udendørs

Hvis det samlede vægt for eksempel er 20 mikrogram, er der ifølge WHO-standarder tale om lav luftforurening og dermed en acceptabel luftkvalitet. EU's direktiv om finpartikler fastsætter for eksempel, at den daglige gennemsnitsværdi for PM10-finpartikler må være 50 mikrogram pr. kubikmeter byluft og må overskrides højst 35 dage om året.

Globale bestræbelser på at sænke grænseværdierne

Der er i øjeblikket diskussioner og bestræbelser i gang på verdensplan for at sænke disse grænseværdier yderligere, f.eks. til 40 mikrogram fin støv pr. kubikmeter. Der er også i stigende grad fokus på PM2,5-partikler i stedet for PM10-partikler på verdensplan. Så meget om situationen i storbyerne.

Luftforurening indendørs

Hvordan ser det så ud i indendørsrum? Altså i rum, hvor der f.eks. laves mad, eller hvor moderne værktøjsmaskiner bearbejder metalemner.

Praktisk eksempel: Målinger indendørs

Hos REVEN GmbH måler vi regelmæssigt luftforureningen i indendørs rum. Hvordan gør vi det? Med nøjagtig den samme måleteknik og fremgangsmåde, som tidligere er beskrevet for målinger i bycentre. Vi måler antallet af skadelige partikler i en kubikmeter rumluft, for eksempel i en produktionsvirksomhed eller et stort hotelkøkken.

Det resultat, der opnås på denne måde, giver et luftkvalitetsindeks på for eksempel 10.000, 50.000 eller 100.000. Det er helt andre størrelsesordener end i byerne! Vi har endda målt et resultat på 500.000, som vi har måttet præsentere for vores kunder! Det betyder, at der i en kubikmeter rumluft er op til 500.000 mikrogram skadelige partikler! Og det er virkelig ikke ualmindeligt i produktionslokaler!

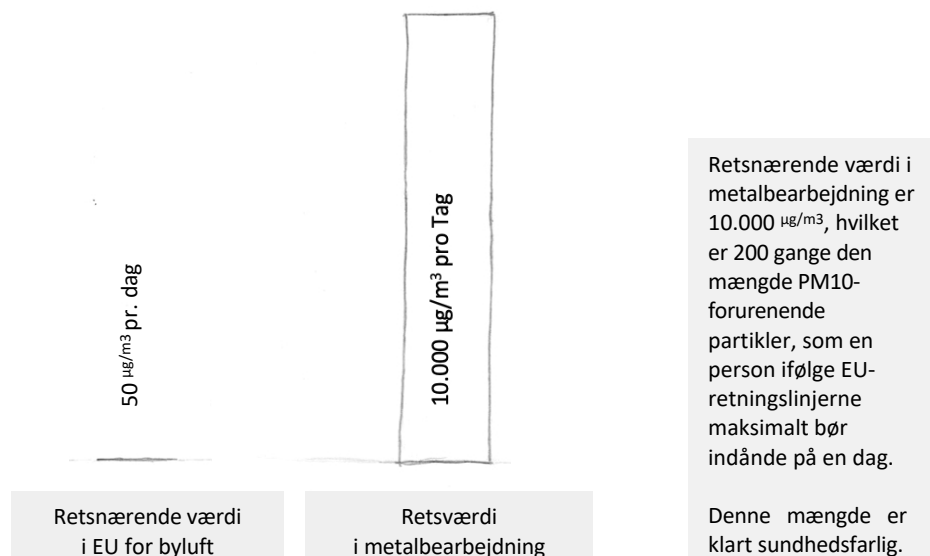
Officielle grænseværdier for maskinbygning

Ved gennemgang af de relevante retningslinjer og normer bliver det også klart, at så høje forureningsniveauer ikke er ualmindelige. For maskinbygning gælder følgende anbefaling i officielle retningslinjer:

For vandblandbare kølesmøremidler til metalbearbejdning samt til glas- og keramikbearbejdning angives en grænseværdi på 10 milligram af disse stoffer i en kubikmeter rumluft, ligeledes for ikke-vandblandbare kølesmøremidler med et flammepunkt under 100 grader Celsius.

Disse 10 milligram svarer til en luftkvalitetsindeks i storbyer på 10.000! Hvis en sådan værdi blev målt i en uge i centrum af Stuttgart, ville der ikke være en eneste bil på vejene i dagtimerne, og alle medier ville rapportere om det over hele landet.

Sammenligning af grænseværdier for partikler (PM10)



Figur 42

Hvis man derimod måler en sådan luftforurening i en maskinfabrik eller et hotelkøkken, er der stort set ingen, der interesserer sig for det. Ikke engang interessenterne i disse brancher lægger særlig vægt på emnet. Tværtimod – , trods bedre vidende, bliver disse forhold tiet ihjel, for det ville koste penge at afhjælpe dem.

Betydningen af måleresultatet for de ansatte

Til orientering: EU's direktiv om finstøv fastsætter, at den daglige gennemsnitsværdi for PM10-finstøv må være 50 mikrogram pr. kubikmeter byluft og må ikke overskrides mere end 35 dage om året.

Hvis man i en maskinfabrik måler de ovennævnte 10 mikrogram, betyder det for de ansatte i denne virksomhed, at de på ca. 200 arbejdsdage om året skal arbejde med en maksimal forurening på 10.000 mikrogram.

Konklusion fra praksis

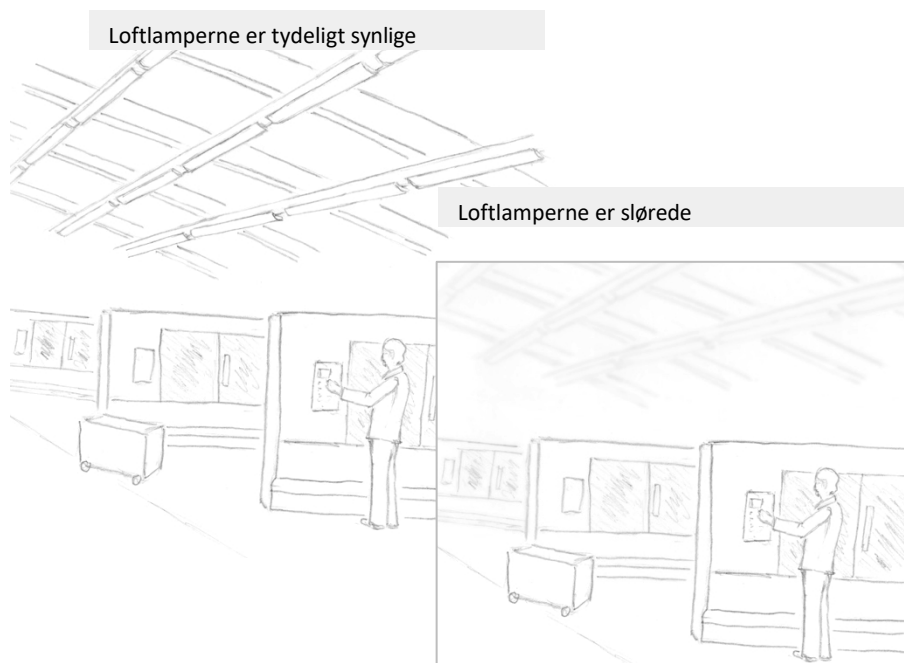
I løbet af de sidste 20 år har vi foretaget tusindvis af målinger af luftforurening i indendørs rum over hele verden. Vi har været på alle former for produktionssteder, hvor de mest forskelligartede produkter fremstilles af de mest forskelligartede materialer. Alle vores målinger viste imidlertid gang på gang følgende:

Når luften var synlig, har vi målt luftforurenende stoffer på over 10.000 mikrogram i en kubikmeter indendørs luft.

En enkel metode til vurdering af luftkvaliteten

I fremtiden vil du muligvis selv kunne vurdere luftkvaliteten! Hvis du befinder dig i et produktionsrum – , uanset om det er i et hotelkøkken, en produktionsvirksomhed i fødevarerindustrien eller i maskinindustrien, og du bemærker, at luften ikke længere er klar, men snarere minder om tåge om morgenen i efteråret, er der en luftforurening på mindst 10.000 mikrogram pr. kubikmeter. Det er nemmest at fastslå ved at kigge i retning af rumbelysningen! Hvis du kan se lampen klart og tydeligt, og luften omkring lampen er usynlig, er alt i orden. Men så snart du ikke længere kan se lampen klart, fordi der dannes en diffus tåge omkring den, kan du være sikker på, at luftkvalitetsindekset i dette rum ligger omkring 10.000!

Enkel vurdering af luftkvaliteten



Hvis loftslamperne i et rum ikke er tydeligt synlige, er luftforureningsgraden meget høj og ligger på ca. 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 43

Forskellen mellem vurderingen af luftkvaliteten udendørs og indendørs

Denne sammenligning med den intensivt diskuterende luftforurening i tyske bycentre viser den uoverensstemmelse, der skaber forbløffelse og forvirring, når det drejer sig om indendørsrum. Vi bliver ofte spurgt, hvordan sådanne forskelle kan forklares.

Efter vores mening er de simpelthen ikke forsvarbare. Alle forsøg på forklaringer fra de ansvarlige er tynde undskyldninger for at undgå presserende nødvendige investeringer.

Ingen er simpelthen klar over, hvilke risici det medfører for alle involverede. Koncentrationer af små partikler, der betragtes som alvorligt sundhedsskadelige udendørs, anses for acceptable indendørs i en koncentration, der er 200 gange højere? Hvem bærer ansvaret for denne fare i fremtiden?

Ventilationsanlægsproducenter skal tænke nyt

Også vi, der producerer ventilationsanlæg og luftrensere, må tage fat på dette problem! Hvorfor? Fordi der også i vores branche er hundredvis af producenter af ventilationsanlæg til erhvervskøkkener eller maskinfabrikker, der ikke engang råder over den mest simple måleteknik til at kunne måle og analysere sådanne luftforureninger i det mindste tilnærmelsesvis.

Samtidig tilbyder de produkter til luftrensning, der skal ventilere rum og fjerne skadelige stoffer fra luften.

Køkkenventilationsnormen DIN EN 16282

Der findes nu en "køkkenventilationsstandard", DIN EN 16282, der gælder næsten overalt i Europa for køkkenventilation til erhvervsmæssig brug. Denne standard kræver, at alle skadelige stoffer i storkøkkener skal opsamles, udsuges og derefter adskilles fra udblæsningsluften, som vi har lært i de foregående kapitler.

Hvis begge dele lykkes, dvs. opsamling og udsugning samt adskillelse af skadelige stoffer fra udluftningsstrømmen, har man

- a) har man et rigtig godt, moderne og effektivt ventilationsanlæg og
- b) en god luftkvalitet med meget lav forureningsbelastning i lokalerne.

Manglende kontrol af implementeringen

Nu er mit spørgsmål til dig: Hvor mange nyinstallerede erhvervsskøkkener tror du, at der kontrolleres for overholdelse af normen ved idriftsættelsen? Omtrent lige så ofte som det angivne brændstofforbrug i nye biler? Eller lige så ofte som strømforbruget i nye varmepumper?

Ud af 1.000 nyinstallerede ventilationsanlæg i erhvervsskøkkener kontrolleres dette i mindre end ti tilfælde!

Praktisk eksempel

Jeg har flere gange oplevet, at konkurrenter har henvendt sig til os, når en bygherre har insisteret på denne kontrol, og bedt os om at foretage målingerne for dem, da de ikke selv råder over den nødvendige måleteknik!

Ozon – et eksempel på luftforurening fra gasser

Ved luftforurening med gasser har vi en meget lignende situation og observerer også her det samme fænomen. Jeg vil gerne illustrere dette ved hjælp af ozon. Vi har allerede beskrevet ozonens farepotentiale i kapitel 4. Grænseværdien for ozon i indendørs luft er i mange europæiske lande stadig fastsat til maksimalt 200 mikrogram pr. kubikmeter indendørsluft. Det var også den hidtidige grænseværdi i Tyskland, men den er nu blevet ophævet. I Schweiz gælder denne grænseværdi dog stadig. Ifølge klassificeringskriterierne for kræftfremkaldende stoffer fra den tyske forskningsorganisation DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) er ozon klassificeret som et stof, der endnu ikke er tilstrækkeligt undersøgt, men som mistænkes for at være kræftfremkaldende hos mennesker.

Vejr-app med høj opløst opløsning udendørs



I vejr-appen vises de højeste værdier for skadelige stoffer først. Helt i top ligger ozon med en værdi på 104 µg/m³. Denne koncentration overskrider WHO's anbefalede 8-timers gennemsnitsværdi (se fig. 29).

Eksempel:
Hoyerswerda den 20.
august 2023
kl. 9:55

o₃: 104 µg/m³

Figur 44

Ozon – grænseværdier i udendørs luft

Miljøstyrelsen informerer om grænseværdier i udendørs luft og sundhedsrisici. Miljøstyrelsen advarer om, at ozon i luften kan medføre nedsat lungefunktion, inflammatoriske reaktioner i luftvejene og luftvejsgener. Der gælder en

Grænseværdi på 180 mikrogram ozon pr. kubikmeter byluft. Denne værdi betegnes som informationsgrænse. Overskrider koncentrationen denne værdi, gives der adfærdsanbefalinger og advarsler til befolkningen via medierne. Ved en koncentration på 240 mikrogram ozon pr. kubikmeter byluft overskrides alarmtærsklen, og der udløses alarm. Derudover skal det bemærkes, at ozonværdierne i det fri må højst overskride en værdi på 120 mikrogram pr. kubikmeter byluft i gennemsnit over otte timer på højst 25 dage i kalenderåret.

Ozon – grænseværdier i forbindelse med køkkenventilation

I øjeblikket angiver eksperter inden for køkkenventilation dog stadig en tilladt grænseværdi på 20.000 mikrogram ozon pr. kubikmeter luft. Denne information stammer også fra den europæiske norm DIN EN 16282, et regelsæt, som mange nationale brancheforeninger har været med til at udarbejde. Man skal ikke tro det værste!

I denne norm kan man læse, at koncentrationen af ozon i luften fra et erhvervskøkken ikke må overstige 10 ppm. Ved et lufttryk på 1013 hektopascal og en temperatur på 20 grader Celsius svarer de angivne 10 ppm ozon ret præcist til en grænseværdi på 20.000 mikrogram ozon pr. kubikmeter luft (se fig. 29).

Ozon – uoverensstemmelser, der taler for sig selv

Jeg mener, at de forskelle i vurderingen af luftkvaliteten indendørs og udendørs, der fremgår af dette eksempel, taler for sig selv og ikke behøver yderligere forklaring. I dette tilfælde burde det egentlig være klart for alle, hvad der skal gøres, nemlig at undgå dannelse af ozon fuldstændigt, uanset om det er indendørs eller udendørs!

For at nå dette mål er det imidlertid nødvendigt at måle og analysere luftforureningen. Hvordan det kan gøres, kommer vi til om lidt.

6.2. Partikelmålinger gør luftforurening synlig!

Hvilken måleteknik kan man bruge til at måle skadelige stoffer i luften? Hvilken måleteknik kan man bruge til at dokumentere effektiviteten af et ventilationsanlæg? Det er egentlig ikke så kompliceret og blev allerede beskrevet i kapitel 3. Til nøjagtig bestemmelse af luftens forurening anbefales

- a) partikel- og aerosolmåleteknik og
- b) en flammeionisationsdetektor (FID)

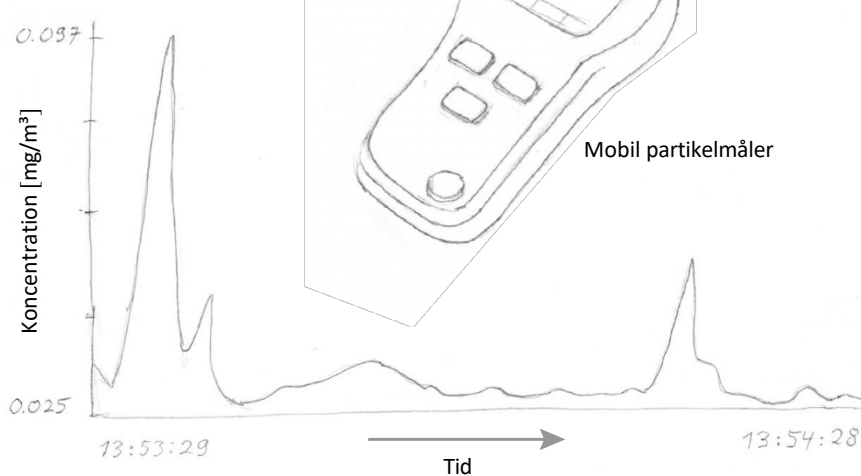
FID-måleapparater er allerede beskrevet i detaljer i kapitel 3. Partikel- og aerosolmåleapparater har længe været standardudstyr i renrum. Der har i årtier ikke været et operationsstue på et hospital eller et produktionsrum for mikroprocessorer, hvor der ikke ved idriftsættelse af ventilationsanlægget anvendes partikeltællere til at dokumentere funktionen. I grunden dokumenteres det ganske enkelt og forståeligt, at luften i et sådant renrum virkelig er ren og fri for selv de mindste partikler. Det er det, partikeltælleren bruges til.

Hvordan partikler måles

Partikeltællere kan ved hjælp af en kompleks optik og laserstråler analysere, om der findes små partikler i luften i rummet. Her tælles antallet af partikler, og samtidig undersøges partiklernes størrelse, dvs. deres aerodynamiske diameter.

Mobil partikelmåler

Mobil, batteridrevet partikelmåler med spredt lysmåling og datalogning til realtidsmåling af aerosolmasse



Figur 45

Partikelmåleteknikken skal tilpasses situationen

Ligesom i renrum kan man også i produktionsanlæg, erhvervskøkkener eller maskinfabriker analysere rumluften og bestemme partikelforekomsten. I princippet er det nøjagtig samme fremgangsmåde, men med en stor og vigtig forskel:

Antallet af partikler er nemlig meget forskelligt i forhold til renrum! Mens man i renrum undersøger, om der overhovedet er PM₁₀-partikler i luften, måles antallet af partikler i luften i et køkken eller en produktionsfacilitet i en kubikmeter luft. Det drejer sig ofte om

Titusind gange eller endnu mere end i renrummet! Partikeltællerne skal tilpasses disse forhold, eller der skal vælges den rigtige måleteknik.

Praktisk eksempel: Partikelmåling ved luftfortynding

Da vi for 25 år siden gennemførte de første partikelmålinger i så stærkt belastede rum, forsøgte vi at bruge konventionelle partikelmålere, da der på det tidspunkt ikke fandtes mere egnede måleteknikker. Som man kan forestille sig, var disse første målinger ofte ikke validerbare, ikke reproducerbare og af meget lav kvalitet, da partikeltællerne var fuldstændig overbelastede af de høje partikelkoncentrationer. Et første tiltag til forbedring var at definere en fortynding af den luft, der skulle analyseres. Det vil sige, at den luft, der skulle analyseres, blev fortyndet 1.000 gange med ren, partikelfri luft ved hjælp af egnede fortyndingsniveauer. Denne fortyndede luft blev derefter målt med konventionelle partikeltællere, og resultatet blev ekstrapoleret med faktoren 1.000. Den samtidige videreudvikling af partikeltællerne sikrede, at apparaterne senere blev mindre følsomme over for meget høje partikelkoncentrationer, og at måleresultaterne blev stadig mere nøjagtige.

Moderne apparater sikrer nøjagtige målinger

Nutidens partikeltællere kan endda analysere meget forurenede indeluft med samme nøjagtighed, som man har været vant til i renrum i årtier. Branchen skal blot virkelig ønske denne nøjagtige måling og være villig til at investere i moderne måleteknik.

Der udføres for få målinger

I dag er der på det tysktalende marked for køkkenventilation knap nok en håndfuld producenter, der anvender en sådan måleteknik ved idriftsættelse af nye ventilationsanlæg.

Desværre er det ikke en misforståelse!

Den optimale funktionalitet af ventilationsanlæg tages simpelthen for givet uden målebevis.

At et ventilationsanlæg fungerer fejlfrit, at det opfanger og udsuger effektivt og at det udskiller og filtrerer skadelige stoffer fra luftstrømmen, er alt sammen noget, man tager for givet og forudsætter. Man går ud fra, at det nok skal passe og være i orden. Man ønsker som regel ikke at vide, om det virkelig er tilfældet, og man ønsker slet ikke gennemsigtighed gennem analyse og dokumentation.

Måleteknik er et must for at opnå optimal luftkvalitet

Hvor komplekse opgaverne inden for ventilationsteknik, såsom registrering og udsugning, filtrering og udskillelse samt tilført frisk luft, faktisk er, har vi forklaret udførligt i de foregående kapitler. Af disse grunde er måleteknik til påvisning af, at rumluften virkelig er fri for skadelige stoffer, et must. Der er ingen undskyldning for ikke at anvende denne måleteknik regelmæssigt.

Manglende måledokumentation for ozonluftrensere

Med passende måleudstyr kan også farlige gasser som ozon måles. Men også i dette tilfælde ses den samme holdning som ved den ovenfor beskrevne partikelmåleteknik: Blandt de tusindvis af leverandører af ozonluftrensere vil du næppe finde en, der ved hjælp af passende måleteknik kan dokumentere, at deres produkter ikke forårsager mere skade end gavn med den ozon, de producerer.

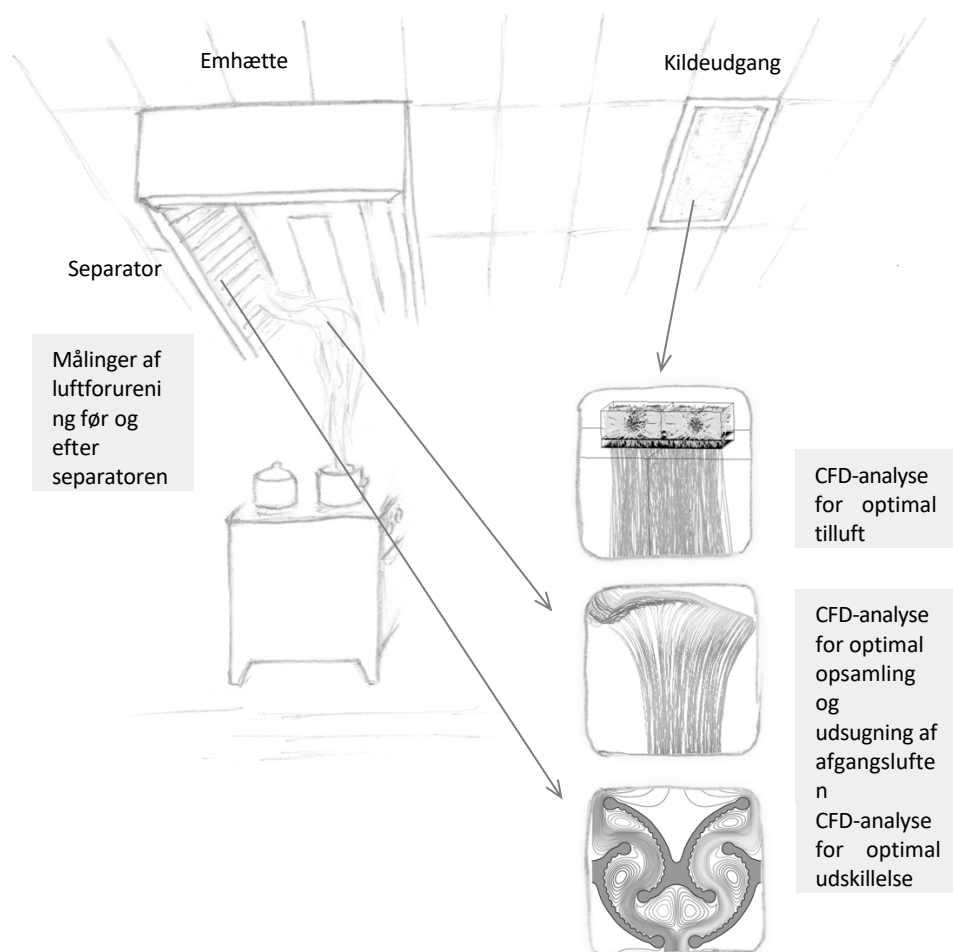
Seriøs ventilationsteknik er videnskabeligt funderet

Som det fremgår af de foregående kapitler, viser det sig også her, at seriøs produktudvikling inden for ventilations- og luftrensningsteknik forudsætter en videnskabeligt funderet tilgang. Store løfter i flot designede reklamebrochurer kan alt for ofte få os til at tro noget andet i vores branche. Vær derfor altid på vagt og still spørgsmålstegn ved sådanne løfter.

Konklusion

Jeg håber, at mine oplysninger har gjort Dem opmærksom på dette emne og givet Dem nogle interessante oplysninger. Nu er cirklen sluttet – fra effektiv opsamling og udsugning i kapitel 1 til passende måleteknik til bestemmelse af effektiviteten af ventilations- og luftrensningsteknik i kapitel 6 har vi gennemgået alt.

Videnskabeligt baseret ventilationsteknik



Funktionaliteten af køkkenventilationsteknikken kontrolleres og optimeres hos Rentschler REVEN ved hjælp af videnskabeligt funderede metoder.

Figur 46

Afsluttende bemærkninger

Du har nu læst alle kapitler i denne bog, som oprindeligt stammer fra vores podcast.

"Misforståelser inden for ventilationsteknik og luftrensning". Jeg håber, at jeg har kunnet give Dem nogle gode ideer. En konkurrent kritiserede for nylig indholdet af podcasten. Han mente, at det hele var for overfladisk, og at han havde forventet mere af mig. Som allerede nævnt andetsteds var det min intention at gøre emnerne omkring ventilations- og luftrensningsteknik let tilgængelige og så underholdende som muligt. Jeg ønskede ikke at skrive en videnskabelig afhandling. Emnerne i vores ventilationsbranche er snarere nicheemner, som ikke interesserer den brede masse. Derfor var det vigtigt for mig at forklare misforståelserne på en enkel og forståelig måde, også for folk uden for branchen. Jeg håber, at det er lykkedes.

Baseret på denne podcast har vi skrevet denne bog. Den indeholder mange interessante illustrationer, der underbygger de enkelte oplysninger visuelt.

Det er vigtigt for mig at gøre vores branche attraktiv for unge, for luftrensning er et vigtigt emne og vil også være det i fremtiden. Derfor bør man tage emnet alvorligt og behandle det med omhu.

Mine kolleger i salgsafdelingen vil fremover have denne bog med sig og vil gerne give Dem et eksemplar til illustration af de forskellige emner, når De diskuterer nye projekter, nye processer og nye planer med dem. For vi ønsker, at vores teknologier og vores produkter bliver forstået!

Som tak til lytterne af vores podcast tilbyder vi den nyudgivne bog gratis.

Parallelt med vores bogprojekt er der nu også en ny podcast. Den hedder "Luftpost".



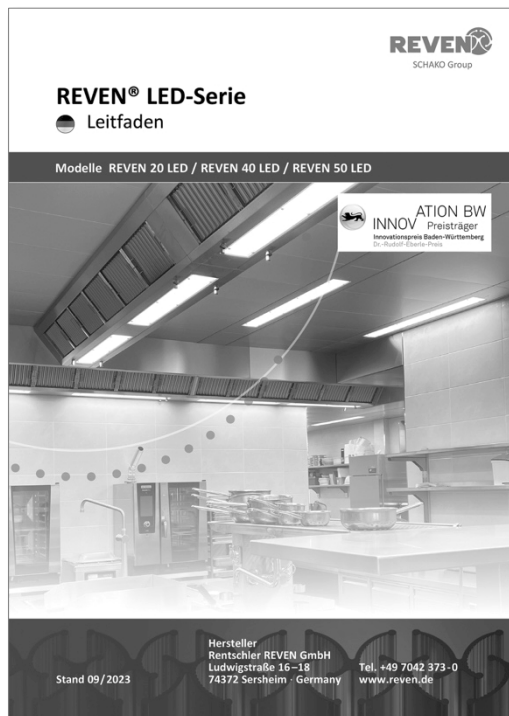
Denne nye podcast-serie handler om sund luft. Jeg præsenterer mennesker og virksomheder, der beskæftiger sig med luftrensning og ventilationsteknik. Der bliver interviewet aktører fra de mest forskelligartede brancher, og der diskuteres teknologier. Jeg har valgt denne titel på grund af den association, som ordet fremkalder. Tidligere blev nyheder og meddelelser ofte sendt med luftpost. I min podcast "Luftpost" vil jeg formidle aktuelle nyheder om ren luft og et sundt miljø.

Du finder den under linket **reven.news/luftpost**, hvor de første episoder er online.

Hvis du selv er aktør i ventilations- eller luftrensningsbranchen, kan vi gerne lave en episode af podcasten sammen. Jeg kommer også gerne til dig. Kontakt mig blot på **påmarketing@reven.de**.

Interessant lavet af REVEN

Vejledning til LED-belysning



Det undervurderes ofte, hvor vigtigt godt lys er for brugen af et rum.

Især i erhvervskøkkener er den rigtige belysning af stor betydning. Derfor bør aspekter som lysstyrke, kontrast og farve overvejes og tages i betragtning ved planlægningen. Her tilbyder vores lysstyring store fordele.

I denne LED-vejledning forklarer vi, hvilke faktorer der er vigtige for en god belysning, og hvordan REVEN® LED-armaturer opfylder disse krav.

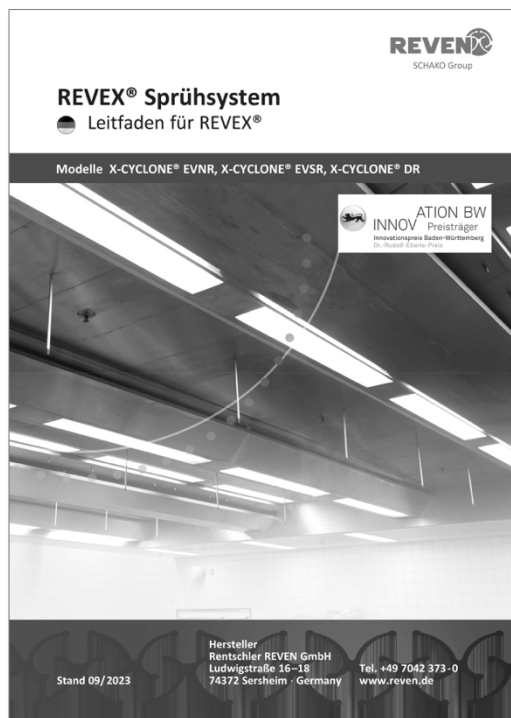
Brochuren RSC-styring



For at forbedre økonomien i ventilationsanlæg i storkøkkener tilbyder Rentschler REVEN den intelligente reguleringsautomat RSC. Systemet tilpasser til- og afgangsluftmængden trinløst til madlavningsaktiviteterne, helt i tråd med den innovative standard Industri 4.0.

I vores brochure kan du læse de tekniske detaljer, der skal overholdes ved installation af en RSC-styring.

Vejledning til REVEX®-sprøjtesystemet



Emnet "rengøring af køkkenventilationsanlæg" har i fortiden ofte ikke fået tilstrækkelig opmærksomhed.

Regelmæssig, faglig og korrekt rengøring af ventilationsanlæg i erhvervskøkkener sikrer, at anlægget fungerer korrekt, mindsker brandfaren og forhindrer vækst af mikroorganismer i anlægget. Derudover beskytter det køkkenpersonalets sundhed.

Misforståelser inden for ventilations- og luftrensningsteknik

Bogen

Resonansen under podcasten var så stor, at det nærmest var oplagt at lave en bog ud af det. Feedback, der taler for sig selv:

"... podcasten om luftstrømme gjorde mig nysgerrig efter mere ..."

"... jeg vil gerne lykønske Dem med den interessante podcast

"Misforståelser inden for ventilations teknik og luftrensning" og takke for informationen ..."

"... mange tak for den virkelig interessante podcast. Jeg ville glæde mig over en fortsættelse. Jeg har været projektleder inden for ventilations teknik i over 20 år og har fået en del med mig til praksis og videre projekter. Jeg ville glæde mig, hvis jeg kunne bygge det næste køkkenanlæg sammen med Dem ..."

"... Jeg vil gerne lykønske jer med podcasten. Emnet er meget forståeligt, også for personer som mig, der ikke er så fortrolige med emnet ..."

"... som opmærksom lytter til jeres podcast vil jeg gerne benytte lejligheden til at bestille den fagbog, der er annonceret til 2023. Jeg ser frem til flere episoder om emnet luft – vores mest værdifulde fødevarer ..."

Forfatter

Dipl. Ing. Sven Rentschler er administrerende direktør for Rentschler Reven GmbH, en mellemstor producent af luftrensningsanlæg. Som iværksætter har han sat sig for at skabe større bevidsthed om luftrensning i industrien og erhvervslivet på verdensplan. To internationale patenter og innovationsprisen fra delstaten Baden-Württemberg er resultatet af hans engagement. Derudover er Sven Rentschler blogger og foredragsholder om luftrensning.

Målgruppen

Alle, der er interesseret i, hvad man skal være opmærksom på for at opnå optimal ventilation og luftrensning. Nybegyndere, folk der vil genopfriske deres viden og professionelle inden for klima- og ventilationsbranchen samt folk fra beslægtede fagområder, især ventilationsplanlæggere inden for maskinbygning og fødevarerindustrien, udførende virksomheder, eksperter, operatører og planlæggere af storkøkkener.

• LUFT

• KLIMA

• KÆLDE

Første udgave

2023 cci-dialog.de

cci Buch er et varemærke tilhørende cci Dialog

GmbH Også tilgængelig som e-bog

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743

€ 47,00 (D)