



## Fra Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation til Internationalt Center for Indeklima og Energi

**Langkilde, Gunnar**

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Langkilde, G. (2010). Fra Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation til Internationalt Center for Indeklima og Energi. Kgs. Lyngby: DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet. (DTU Byg Sagsrapport; Nr. SR 10-07 (DK)).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Fra Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation til Internationalt Center for Indeklima og Energi



## Gunnar Langkilde

En historisk oversigt i anledning af 125-året for en selvstændig lærestol i Opvarmning og Ventilation og 75-året for oprettelsen af Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation

Institut for Byggeri og Anlæg  
2010

DTU Byg Sagsrapport SR 10-07 (DK)  
Lyngby September 2010

***Internationalt Center for Indeklima og Energi***



***Sektion for Indeklima, Institut for Byggeri og Anlæg***

***Danmarks Tekniske Universitet***

***Nils Koppels Allé, Bygning 402***

***2800 Lyngby***

***[www.ie.dtu.dk](http://www.ie.dtu.dk)***

## **Oprettelsen af den Polytekniske Lærestalt 1829**

Der havde i begyndelsen af 1800-tallet været flere tiltag til oprettelse af en ingeniørskole i Danmark, men det blev den danske fysiker H. C. Ørstedes forslag, der blev gennemført i



*Hans Christian Ørsted.*

1829 med oprettelsen af Den Polytekniske Lærestalt. Lærestalten fik til huse i nogle bygninger i det indre København i kvarteret mellem Studiestræde og St. Pederstræde. Ørsted underviste i fysik og studerede magnetisme og gennemførte mange forsøg. Til at assistere sig med forsøgene ansatte Ørsted i 1834 en stud. polyt. L. A. Colding. Det var denne Colding, der senere blev den første underviser i opvarmning og ventilation, men først lidt om hvad han udrettede inden da. Colding var meget inspireret af Ørsted og udviklede sine egne teorier om energiomsætning. Colding formulerede loven om energiens konstans samtidig og uafhængigt af Joule, der som bekendt løb af med æren derfor og tilmed fik en enhed opkaldt efter sig. Colding fremlagde sine teorier på det femte Naturforsker møde i København i 1847. Han kon-

struerede også et apparat, der nu findes på Danmarks Tekniske Museum, til bestemmelse af varmens mekaniske ækvivalent. Apparatet bestod af en skinne, der blev opvarmet mekanisk ved gnidning, mens temperaturstigningen blev målt ved at måle skinnens længdeudvidelse. På Coldings gravsten på Assistens Kirkegård står inskriptionen "Naturkræfterne ere uforgjængelige". Colding blev vandinspektør (1847) og senere (1857) stadsingeniør i København.

Det var i denne periode, at koleraen hærgede i landet, og Colding påviste sammen med kemikeren Julius Thomsen, der senere blev rektor for Lærestalten, at koleraen udbredtes med drikkevandet. Han sørgede for en gennemgribende udbygning af vand- og kloak systemerne i hovedstaden.

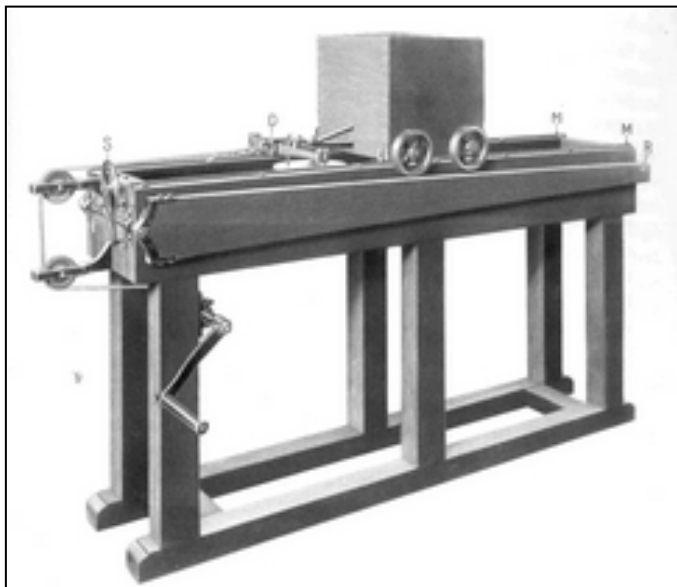


*Ludvig August Colding.*

### **De første undervisere i opvarmning og ventilation**

I 1865 oprettedes lærestolen i det kombinerede fag "Opvarmning, ventilation, kloak-, vand-, og gasvæsen", der fik Colding som lærer i næsten 20 år. I 1869 fik han titel af professor. Til undervisningen havde Colding en samling håndskrevne noter, der i dag

findes i DTU's historiske arkiv og har titlen "De almindelige Grundsætninger angaaende Afledning af skadeligt Vand, Indledning af Vand og Gas samt Opvarmning og Ventilation".



Coldings apparat til bestemmelse af varmens mekaniske ækvivalent.

### Selvstændig lærestol

I 1885 blev faget Opvarmning og Ventilation oprettet som selvstændig lærestol, idet kloakeringen blev udskilt og senere kom til at hedde Teknisk Hygiejne. Ved Berlins Tekniske Universitet var der få uger tidligere blevet oprettet en lærestol i opvarmning og ventilation under Hermann Rietschel. Berlin nåede derfor netop at få verdens første selvstændige lærestol i faget. Samtidig med oprettelsen af lærestolen blev Christian Ramsing ansat som ny underviser, men blev kun i stillingen i fem år for at hellige sig sin ingeniørvirksomhed. Senere i 1906 fik han titel af professor. Der er ikke efterladt noter eller andet undervisningsmateriale fra Ramsing.

52.

*Tabel over forskjellige Legemers Varmeledningssevne.*

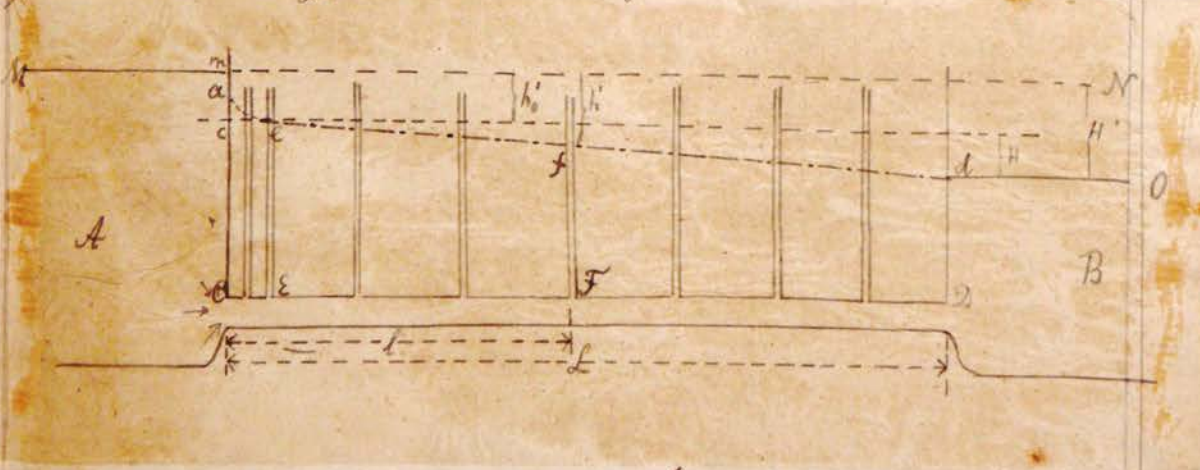
| <i>Legemets Navn.</i>   | <i>Varmeledningssevnen K</i> | <i>Bemærkninger.</i>   |
|---|------------------------------|------------------------|
| <i>Tørt Strandsand,</i>   | <i>0,0041 v. f.</i>          | <i>bestemt af mig.</i> |
| <i>Almindeligt Gips,</i>  | <i>0,0035 -</i>              | <i>efter Pedlet.</i>   |
| <i>Almindelige Mursten,</i>   | <i>0,0032 -</i>              | }                      |
| <i>Tørt Trækildquitsoc,</i>   | <i>0,0032 -</i>              |                        |
| <i>En Blanding af Høndekul-<br/>Aske og Sand, der benyttes<br/>til Dækning af Dampkjølede</i> | <i>0,0027 -</i>              |                        |
| <i>Nye og rene Særfeløpraarer,</i>  | <i>0,0024 -</i>              |                        |
| <i>Lufttørret Fyrretør,</i><br><i>Rodret paa Fibrone,</i>                                     | <i>0,0024 -</i>              |                        |
| <i>Samme Fyrretørskledi<br/>efter at den havde henligget</i>                                  | <i>0,0009 -</i>              |                        |
|   |                              |                        |

Del af tabel over varmeledningstal fra Coldings originale noter fra ca. 1875. Mange af værdierne er bestemt af ham selv.

De almindelige Love for flydende Legemer, 3.  
Bovagelse i ensartede Ledninger, der have et  
konstant Tværsnits-Areal.

Naar et flydende Legeme strømmer igjennem en Ledning fra en Indløbsbeholder til en Udløbsbeholder, lider det en Modstand i Ledningen, som voxer med Kvadratet af Fluidets Strømnings-hastighed. Til at overvinde den Modstand, som Ledningen frembyder, udfordres der en Arbejdsmaenge, og denne Arbejdsmaenge maa Fluidet afgive efterhaanden som det passerer Ledningen.

Betragte vi nedenstaaende Figur og tænk vi os A at være Indløbsbeholderen og B Udløbsbeholderen samt, at Fluidet, der strømmer over fra A til B igjennem Ledningen C D, t. Ex. er Vand,



saa maa Vandpejlet, der i Indløbsbassinet ligger i

## Lærestalten flytter til Sølvgade

I 1889 fik Lærestalten en tiltrængt udvidelse idet de nye bygninger på Sølvtorvet blev taget i brug.



*Den Polytekniske Lærestalt ved Sølvtorvet ca. 1900.*

Erdmann Peter Bonnesen blev i 1892 ansvarlig for undervisningen i opvarmning og ventilation og var fra 1902 professor i faget. Han udgav i 1901 en omfattende lærebog. Bogen var på 300 håndskrevne sider med tilhørende bilag med en mængde tabeller, diagrammer og tegninger. Bogen var opdelt i afsnittene Opvarmning, Ventilation og Måleapparater.

Afsnittet om ventilation, der kun var på 27 sider, omfattede mest beregning af luftkanaler med naturlig opdrift, idet elektromotorer på det tidspunkt kun lige var begyndt at få indpas i ventilationsteknikken. Automatik kendte man endnu ikke noget til. Bonnesen underviste i 27 år til 1919, hvor han fratrådte i en alder af 73 år.

Den ledige stilling efter Bonnesen blev besat af F.C. Becker i 1919 efter at fire kvalificerede ansøgere havde holdt prøveforelæsninger. Becker blev valgt bl.a. med begrundelsen, at han havde vist, at han var i stand til at udføre videnskabeligt arbejde og samtidig var i besiddelse af gode pædagogiske evner. Han havde ved siden af lærergerningen sit eget rådgivende ingeniørfirma og kunne på denne udmærkede måde kombinere teori og praksis. Han fik titel af docent i 1927 og professor i 1935.



*Erdmann Peter Bonnesen.*

Naar vi opvarme vore Værelser, selv om det sker med den mest gammeldags Ov, tænke de ferreste paa, hvorledes denne fælsyueladende simple Handling i Virkeligheden er sammensat af en Række temmelig komplicerede Fænomener; og sker Opvarmningen ved Hjælp af et Centralapparat, bliver Processen naturligvis endnu mere sammensat. Det er Opgaven her at rede disse Fænomener saaledes ud fra hverandre, at man kan komme til en Beregning af Varme- og Ventilationsaendling.

Faget er i det hele taget vel egnet til at underbringes teoretisk Behandling, saa længe man kan regne med ideale Forhold, men de fundne Resultater maa anvendes med Forsomsøhed, naar de føres ind i Praksis, hvor Forholdene



Som tiden gik, blev Lærestaltens lokaliteter på Sølvtorvet også for trange så der skulle udvides. Det skete på Østervoldgade, hvor der i 1929, 100 år efter oprettelsen af Lærestalten, blev foretaget grundstensnedlæggelse.

### ***Oprettelsen af Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation***

Samtidig skiftede man navnet til Danmarks Tekniske Højskole. Udbygningen kom til at trække ud i mange år pga. den generelle økonomiske situation og Anden Verdenskrig, så den officielle indvielse skete først i 1954.



*Grundstensnedlæggelse i 1929 for Østervoldgadebyggeriet. Det er rektor P. O. Pedersen, som står for bordenden.*

Becker kæmpede i mange år for at få udbygget undervisningen og også for mulighederne for at udføre eksperimentelle arbejder. Først i 1935, 50 år efter oprettelsen af faget som selvstændig lærestol, lykkedes det for Becker, idet der blev oprettet et selvstændigt laboratorium "Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation" i de nye bygninger på Østervoldgade.

Midlerne var imidlertid små, så det var stadig mest teoretisk forskning, der blev udført. En af Beckers store interesser var at bestemme varmetabet fra bygninger, og han fik for egne midler opført en forsøgsbygning med meget lille varmetab, eller som han kaldte det, et "næsten varmetæt hus". Bygningen bestod af cylinderformede halvskaller med isolerende



*F. C. Beckers "næsten varmetætte" hus, som han fik opført i Nordsjælland for egne midler. Tårnet i forgrunden var beregnet til en vindmølle.*

tørvesmuld imellem. Til opvarmning af huset konstruerede han en vindmølle. Denne blev dog vist aldrig færdigmonteret. Becker fortsatte som professor og leder af Laboratoriet til han var 70 år i 1953. I hele perioden fra 1937 havde Becker en assistent ved sin side, nemlig N. F. Bisgaard, som assisterede med såvel undervisning som forskning. Bisgaard interesserede sig for forholdet mellem varmeafgivelse ved konvektion og stråling. Han konstruerede instrumenter til måling af termisk stråling og skrev en doktorafhandling om retningsbestemte termiske felter.

Ved Beckers afgang i 1953 overtog Bisgaard lederskabet af Laboratoriet og blev samtidig udnævnt til professor. I de efterfølgende år blev Laboratoriet begunstiget af Marshall-hjælpen, så det var muligt at anskaffe nyt laboratorieudstyr og nye måleinstrumenter. Et af fokusområderne



*N. F. Bisgaard.*

var nu kedel- og fyringsteknik, områder som også blev hovedemner for Sven Hadvig, der havde studeret et par år på MIT i USA. Hidtil havde kul og koks været de vigtigste brændsler til opvarmning, men nu kom oliefyrene på banen, så der blev studeret oliebrændere og -kedler. Suezkrisen 1956-57 bevirkede, at der kom knaphed på olie med store prisstigninger til følge. For at imødekomme de store udgifter til opvarmning af vore boliger foreslog Vagn Korsgaard, at mulighederne for at forbedre boligernes isolering skulle undersøges. Hans ihærdige henvendelser til ministerier og folketing resulterede i en større bevilling i 1959. Laboratoriet for Varmeisolering var en realitet og blev udskilt fra Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation som et selvstændigt laboratorium. Laboratoriet for Varmeisolering blev opbygget på et areal i Hjortekær, hvor der foruden laboratoriefaciliteter blev bygget



*Strålingsmåler, konstrueret af Bisgaard.*



*Forsøgshus på taget af DTU på Østervoldgade. Huset blev senere flyttet til Hjortekær.*

en forsøgsbygning, der havde til formål at undersøge forskellige former for klimaskærme. En forsøgsbygning, der var opført oven på taget af en af bygningerne på Østervoldgade blev ligeledes flyttet til Hjortekær. Bygningen blev anvendt til studier af varmeisolering.

Med P. Ole Fangers ansættelse i 1959 kom der gang i indeklimaforskningen ved laboratoriet og især efter at han i 1966-67 havde studeret i USA, hvor han havde gennemført en række forsøg med personer i klimakammer. I kælderlokaler på Østervoldgade blev det

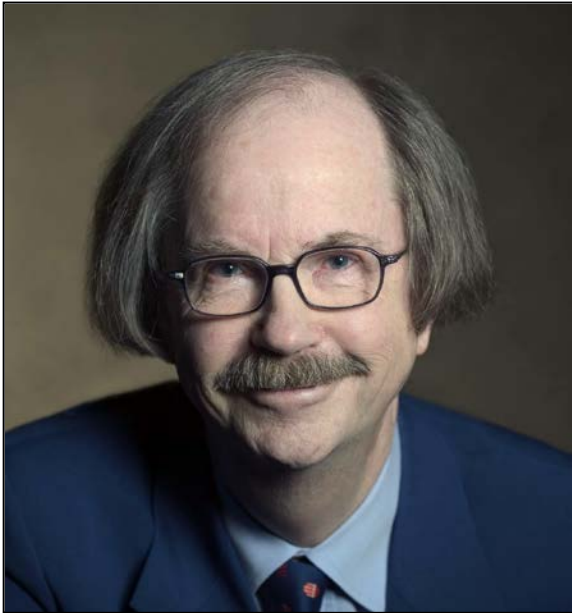


*"Model"-forsøg i Laboratoriets første klimakammer på Østervoldgade Det var tider!*



*Tre forskellige udgaver af Komfortmetret, der blev udviklet af Thomas Lund Madsen. Det længst til højre var i produktion hos Brüel & Kjær.*

første klimakammer til studier af det termiske indeklima opbygget. I laboratoriet blev endvidere opbygget en opstilling til bestemmelse af vinkelforhold for personer i forhold til forskelligt orienterede flader. Forsøgene med vinkelforhold og forsøg i det nye klimakammer samt de tidligere forsøg i USA dannede grundlag for hans doktorafhandling "Thermal Comfort" fra 1970. I afhandlingen udleder Fanger komfortligningen, der forudsiger graden af termisk komfort i afhængighed af værdierne af indeklimaparametrene. Fanger blev i



*P. Ole Fanger.*

1977 udnævnt til professor.

Ved Laboratoriet for Varmeisolering konstruede Thomas Lund Madsen et komfortmeter, der direkte kunne måle graden af termisk komfort. Instrumentet bygger på Fangers komfortligning.

### ***DTU flytter til Lyngby og Laboratoriet får nyt navn***

Selv om der var planlagt, så man kunne udvide med flere bygninger i kvarteret omkring Østervoldgade, erkendte man, at med den rivende tekniske udvikling ville dette ikke være tilstrækkeligt. Man havde derfor tidligt set sig om efter arealer udenfor København til en total udflytning af Læreanstalten. Valget blev som bekendt Lyngby. Byggeriet skete primært i

årene 1960 -1974. Laboratoriet flyttede i 1970 og fik ved samme lejlighed navneskifte til Laboratoriet for Varme- og Klimateknik. Udflytningen gav en mulighed for en betydelig



*Lundtoftesletten, Laboratoriet er placeret tæt ved den høje skorsten.*

udvidelse af Laboratoriets arealer, både til kontorer og til forsøgshaller. Der blev således dedikeret én forsøgshal til indeklimaforskning, én til kedel- og forbrændingsforskning og én til forskning omkring ventilation.

### ***Kedel- og forbrændingsforskning i Lyngby***

I dag er kedel- og forbrændingsforskningen ved Laboratoriet nedlagt. En del af forbrændingsforskningen er dog overgået til Institut for Kemiteknik, men inden da nåede der under Sven Hadvigs ledelse at blive gennemført en lang række forskningsprojekter. Hadvig havde studeret termisk stråling i forbindelse med forbrændingsprocesser under sit ophold ved det anerkendte MIT i USA.

I Lyngby kom Hadvig til at lede studier af forbrændingsprocesser ikke blot i traditionelle kedler, men også mere specielle forbrændingsprocesser som fluidized bed forbrænding. I forbindelse med gasfundene i Nordsøen blev gasfyring aktuel, og Sven Hadvig var med fremme for at udvikle nye kondenserende kedler med meget høj virkningsgrad til gasfyring.

I forbindelse med brandforskning blev der på DTU's arealer gennemført en række spektakulære forsøg, idet der blev afbrændt store mængder plastkasser med kraftig røgudvikling til følge. Der havde været et par voldsomme brande i et par etplansskoler, og for at studere brandudviklingen fik man lov til at antænde resterne af en af de i forvejen nedbrændte skoler. I forbindelse med nedrivningen af den "sorte firkant" på det indre Nørrebro fik Laboratoriet ligeledes lov til at udføre pyromani, idet der blev antændt en række trappeopgange for at studere effekten af brandhæmmende malinger. Det var naturligvis med brandvæsnetts billigelse og tilstedeværelse.

Et område, hvor Danmark har gjort sig internationalt gældende er fjernvarme. I en årrække var Benny Bøhm ansat ved Laboratoriet som forskningsprofessor i fjernvarme og gennemførte en række projekter med optimering af forskellige fjernvarmesystemer.

### ***Endnu et Nulenergihus***

25 år efter at Becker opførte sit "næsten varmetætte" hus, blev der på DTU's nordareal opført et nul-energihus, hvor P. Kjerulf-Jensen var med i projekteringen af varmegenvindingssystemer. Det var Laboratoriet for Varmeisolering, som var ansvarlig for opførelsen. Huset skulle opvarmes alene med solvarme og blev derfor udstyret med en kæmpe akkumulatortank.



*Nul-energihus på DTU's nordareal.*



*Den store akkumulatortank.*

### **Ekstra gang i indeklimateknologien**

Det nye klimakammer, der var bygget i forbindelse med udflytningen til Lyngby var designet til studier af det termiske indeklima, som hidtil havde været fokusområdet for indeklimateknologien. Luftkvalitet og dermed ventilationsbehov blev et nyt forskningsområde, der blev taget op. For at kunne udføre laboratorieforsøg med personer blev to nye



*Luftkvalitetsforsøg i rustfrie klimakamre*

klimakamre bygget, specielt med henblik på luftkvalitet. Der blev bygget to ens klimakamre i rustfrit stål, så der var mulighed for at sammenligne to situationer ved at gå fra det ene kammer til det andet. Luftkvalitetsforskningen resulterede i at Fanger i 1987 kunne præsentere to nye enheder, "olf" og "decipol" til kvantificering af luftkvalitet. Præsentationen skete i 1987 ved den store internationale kongres Indoor Air '87 i Berlin.

### **Centerdannelse for indeklima**

Fanger havde en evne til at skaffe mange eksterne midler til laboratoriet og som kulmination, blev der fra Statens Teknisk-Videnskabelige Forskningsfond i 1998 givet en



*Tre nye klimakamre klar til nye forskningsprojekter.*

stor 10-årig bevilling på ca. 7 mill. kr. per år. Det var i denne forbindelse at det "Internationale Center for Indeklima og Energi" blev dannet. Efter reglerne fratrådte Fanger i 2004 som 70-årig, men fortsatte som seniorprofessor, en titel han selv opfandt. Fanger nåede inden sin alt for tidlige død i 2006 at modtage en lang række hædersbevisninger og æresdoktorgrader verden over. I dag er Centret ledet af professor Bjarne W. Olesen og er siden 2008 en del af Institut for Byggeri og Anlæg (DTU Byg).

Dannelsen af Centret og de mange midler, der fulgte med gjorde det muligt endnu engang at bygge nye klimakamre og intensivere forskningen idet, der også var plads til nye ansættelser i forskerstillinger.

Der blev bygget nye klimakamre til studier af luftkvalitet, men også til studier af luftbevægelser og ventilationsforhold. Et af resultaterne af denne forskning er udviklingen af personlig ventilation, en ventilationsform, hvor der blæses frisk luft direkte til personens indåndingszone. Systemet er udviklet sammen med et ventilationsfirma, der nu har markedsført produktet.

Et andet felt hvor der kom direkte brugbare kommercielle resultater ud af forskningen, er indenfor luftrensning og luftfugtighedsforhold i flykabiner. Centret har udført en lang række eksperimenter med simulering af situationer i flykabiner under langtursflyvninger. Resultaterne af denne forskning er direkte anvendt ved design af de nyeste flytyper.

At Laboratoriet har sat sit aftryk på verdenskortet bevidner de mange



*Ved indvielsen af de nyeste klimakamre i 2001 var der prominent besøg, fra venstre: DTU's rektor Hans Peter Jensen, Undervisningsminister Margrete Vestager, DTU's bestyrelsesformand Mogens Bundgård Nielsen, DTU's forskningsdekan Steen Krenk samt centerleder P. Ole Fanger.*



*Klimakammer til studier af luftstrømninger i rum. Der kan ændres størrelse på kammeret, der også kan opdeles i flere separate kamre.*



hædersbevisninger, som Fanger hentede hjem fra alle verdenskroge og satte op på væggene i sit kontor.



*Væggen i Ole Fangers kontor med et udvalg af de mange hædersbevisninger, han hjembragte fra hele verden.*

## **Historiske fakta om Laboratoriet**

### **Laboratoriets navne gennem tiderne:**

|             |   |
|-------------|---|
| 1935 - 1972 | Laboratoriet for Opvarmning og Ventilation                          |
| 1972 - 1995 | Laboratoriet for Varme- og Klimateknik                              |
| 1996 - 2000 | Sektion for Indeklima og Energi, Institut for Energiteknik          |
| 2000 - 2006 | Indeklima og Energi, Institut for Mekanik, Energi og Konstruktioner |
| 2007 - 2008 | Sektion for Indeklima og Energi, Institut for Mekanisk Teknologi    |
| 2008-       | Sektion for Indeklima, Institut for Byggeri og Anlæg                |

"Internationalt Center for Indeklima og Energi" blev dannet i 1998 og omfattede da det meste af Indeklima og Energi ved Institut for Energiteknik.

I dag er Centret synonymt med Indeklimasektionen ved Institut for Byggeri og Anlæg.

### **Ledere af Laboratoriet gennem tiderne:**

|             |                  |
|-------------|------------------|
| 1935 - 1953 | F. C. Becker     |
| 1954 - 1980 | N. F. Bisgaard   |
| 1980 - 1986 | Ole Albrechtsen  |
| 1986 - 1994 | Gunnar Langkilde |
| 1995 - 1999 | P. Ole Fanger    |
| 2000 - 2007 | Geo Clausen      |
| 2008 -      | Bjarne W. Olesen |

### **Professorer ved Laboratoriet gennem tiderne:**

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| 1902 - 1919 | E. P. Bonnesen              |
| 1935 - 1953 | F. C. Becker                |
| 1953 - 1980 | N. F. Bisgaard              |
| 1977 - 2006 | P. Ole Fanger<br>Benny Bøhm |
| 1996 - 2001 | David P. Wyon               |
| 2004 - 2007 | Jan Sundell                 |
| 2003 -      | Bjarne W. Olesen            |

De første undervisere L. A. Colding og C. Ramsing fik først titel af professor efter at de havde forladt Læreanstalten. De fik titlerne henholdsvis i 1869 og i 1906.

Udover denne liste, er der en lang række udenlandske professorer, som har været på gæstophold ved Laboratoriet, typisk af 3 - 6 måneders varighed.

## Ph.d.'er ved Laboratoriet gennem tiderne:

Tidligere var titlen teknisk licentiat

|                        |   |
|------------------------|---|
| Anders Korsgaard:      | Affaldsforbrænding.   |
| Otto Paulsen:          | Undersøgelse af brandprøveovnes termiske påvirkninger med særlig henblik på indflydelse af ovngeometri, ovnmaterialer og fyring. 1975.            |
| Bjarne W. Olesen:      | Termiske komfortkrav til gulve. 1975.   |
| Claus Pedersen:        | Komfortkrav til luftbevægelser i rum. 1977.   |
| Benny Bøhm:            | Fully Developed Polyethylenes and Wood Compartment Fires with Applications to Structural Design. 1977.  |
| Lars Hallgreen         | Optimeret styring af klimaanlægs referenceværdier. 1981.  |
| Allan Bang Jensen:     | Wind Tunnel Modelling of Atmospheric Boundary Layers. 1981.   |
| Henrik Holm:           | Udvikling og opbygning af faciliteter til kalibrering og undersøgelser af transducere til måling af det termiske indeklima. 1986.                 |
| Geo Clausen:           | Tobacco smoking and ventilation requirements. 1986.   |
| Peter Glarborg:        | Kinetisk modellering af dannelse og nedbrydning af NOx ved forbrænding af simple kulbrinter. 1987.  |
| Niels Bjarne Rasmussen | Numerisk Modellering af Turbulent Strømning og Forbrænding i Forbrændingsrum. 1987.   |
| Lars Gunnarsen:        | Ventilationsbehov og adaption til indeluft. 1989  |
| Philomena Bluysen:     | Air quality evaluated by a trained panel. 1990.   |
| Atli Benonysson:       | Dynamic Modelling and Operational Optimization of District Heating Systems. 1991.   |
| Jan Pejtersen:         | Forureningskilder i ventilationsanlæg. 1994.  |
| Henrik N. Knudsen:     | Modellering af indeluftkvalitet. 1994   |
| Jørn Toftum:           | Trækgener i det industrielle arbejdsmiljø. 1994.  |
| Chinh Minh Trinh:      | Turbulence Modelling of Confined Swirling Flows. 1994.  |
| Lisbeth Groes:         | The European IAQ Audit Project: a statistical analysis of indoor environmental factors. 1995.   |
| Lei Fang:              | Impact of temperature and humidity on perceived air quality. 1997.  |
| Pawel Wargocki:        | Human perception, productivity and symptoms related to indoor air quality. 1998.  |
| Genhong Zhou:          | Human perception of air movement: Impact of airflow frequency and direction on the sensation of draught. 1999.                                    |
| Ole Alm:               | Ventilation filters and their influence on human comfort, health and productivity. 2001.  |
| Thomas Witterseh:      | Environmental perception, SBS symptoms and the performance of office work undercombined exposure to temperature, noise and air pollution. 2001    |
| Jan Kaczmarczyk:       | Human response to personalized ventilation. 2003.   |
| Zsolt Bako Biro:       | Human Perception, SBS Symptoms and Performance of Office Work during Exposure to Air Polluted by Building Materials and Personal Computers. 2004. |
| Radim Cermak:          | Design strategies for personalized ventilation. 2004.   |

- Gyöngyi Tamás: Ozone Initiated Reactions and Human Comfort in Indoor Environments. 2005.
- Nan Gong: Human perception of local air movement in the tropics. 2006.
- Love Per Lagercrantz: Sensation of "Dryness" Humidity of Air, Health and Comfort. 2007.
- Lars P. K. Voigt: Navier-Stokes Simulations of airflow in rooms and around a human body. 2007.
- Peter Strøm-Tejsten: The effects of the aircraft cabin environment on passengers during simulated flights. 2007.
- Kiril Naydenov: On the association between home exposure and asthma and allergies among children in Bulgaria. 2007.
- Yang Bin: Evaluation of performance characteristics of newly developed ceiling mounted personalized and mixing ventilation system. 2009.
- Fadeyl Moshood Olawale: Effects of Filters, Ventilation and Recirculation rates on Ozone Initiated Chemistry Products in Air-Conditioned Buildings in the Tropics and their effects on occupants. 2009.
- Kasper Lynge Jensen: Development of a model to calculate the economic implications of improving the indoor climate. 2009.
- Rune Vinther Andersen: Occupant behaviour with regard to control of the indoor environment. 2009.
- Zhecho Bolashikov: Protection of occupants from airborne transmission of infectious agents by advanced air distribution systems. 2010.

Udover denne liste, har en lang række udenlandske ph.d.-studerende været på gæstefold ved Laboratoriet, typisk af ½ - 1 års varighed.

Denne publikation er sponsoreret af:



**DTU Byg**  
**Institut for Byggeri og Anlæg**  
Danmarks Tekniske Universitet

Nils Koppels Allé, Bygning 402  
2800 Kgs. Lyngby  
Tlf. 45 25 40 07

[www.ie.dtu.dk](http://www.ie.dtu.dk)