

**SCIENCE.RESEARCH.PANNONIA.**

Department Energie- und Umweltmanagement (Hrsg.)

## **Nachhaltige Gebäude**

Versorgung – Nutzung – Integration

Leykam

# e-nova<sup>®</sup> Internationaler KONGRESS 2014

## Nachhaltige Gebäude

Versorgung – Nutzung – Integration

13. und 14. November 2014

BAND 18

gefördert durch:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umweltschutz und Wasserwirtschaft  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



sowie aus Mitteln der Europäischen Union,  
Programm der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit Österreich – Slowakei



EUROPEAN UNION  
European Regional  
Development Fund



creating the future  
Program zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit ÖSTERREICH 2007-2013  
Program erizhranične spolupráce SLOVENSKÁ REPUBLIKA - RAKÚSKO 2007-2013

Leykam

Herausgeber und Verleger: Fachhochschule Burgenland GmbH, Forschungs- und Studienzentrum Pinkafeld, Department Energie-Umweltmanagement, Steinamangerstraße 21, 7423 Pinkafeld, Österreich  
www.fh-burgenland.at

Organisationskomitee: Markus Puchegger, Ernst Blümel, Christian Heschl, Marcus Keding, Werner Stuterecker, Wolfgang Stumpf, Christian Wartha

Redaktion Tagungsband: Hildegard Gremmel-Simon

Wissenschaftlicher Beirat:

Gernot Hanreich (Vorsitz), Fachhochschule Burgenland GmbH, Department Energie-Umweltmanagement, Österreich

Karel Kabele, CSc., President of REHVA (Federation of European HVAC associations)

Helmuth Kreiner, TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie

Zoltan Magyar, Institut für Heizung, Lüftung und Kühlung, University of Pécs, Ungarn

Hildegund Mötzl, IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Österreich

Michael Paula, Bundesministerium für Verkehr, Innovation & Technologie, Österreich

Dušan Petráš, Slovak University of Technology, Bratislava, Slowakei

Arne Ragoßnig, UTC Projekt- und Förderungsmanagement e.U., Wien, Österreich

Wolfgang Streicher, Universität Innsbruck – Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Österreich

Günter Wind, TB Wind, Ingenieurbüro für Physik, Präsident des Vereins pansol, Österreich

Die Beiträge der Autoren wurden unverändert in der zur Verfügung gestellten Fassung veröffentlicht.

Der internationale Kongress e-nova 2014 wurde aus Mitteln folgender Stellen gefördert:

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umweltschutz und Wasserwirtschaft
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- EU – Programm der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit Österreich – Slowakei

© by Leykam Buchverlagsgesellschaft m.b.H. Nfg. & Co KG, Graz 2014

Kein Titel des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotografie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Konzeption und Redaktion der Reihe: Petra Hauptfeld

Covergestaltung: Unique

ISBN: 978-3-7011-0316-4

www.leykamverlag.at

## Vorwort

In einer Zeit, die von politischer Energie und Nutzen der Auswirkungen auf Klimaschutzstrategische fossiler Energie vergessen.

Österreich verbraucht *Review* festgestellten Führer Endverbrauchs für Raumluft oben erwähnten Abhängigen auf die österreichischen regionalen Wertschöpfungsplätze für Personen mit nicht Arbeitsplätze in ländlichen Heimmarkt für Gebäudemontage dieser Systeme.

Nicht zuletzt aus diesem *FTI-Strategie Burgenland* erklärt. Die darin genannte Energieeffizienz, Speicherfreundlicher Gebäuden, sowie Energieversorgung deckt

Eine thematische Übung des Gastgebers *Fachhochschule* gebäude mit einer Nutzfalternativer Energieversorgung zerverhaltens. Die flexiblen Möglichkeiten der umfassen und Verbraucher). Das ist die Validierung und Weiterentwicklung technischen Strategien und flächennahe Systeme und Versuchsgebäude auch die thermie-, Photovoltaik, Sunkenschwer zu erkennen, die regionalen und überregional

Der Tagungsband der die Identifikation und Lösung. Jedoch sollen dabei Gesamtechnischer Hinsicht in der Wirtschaft und Gesellschaft

Walter Mayrhofer  
Forschungsleiter  
Fachhochschule Burgenland

## Vorwort

In einer Zeit, die von politischen und militärischen Unruhen in den Weltgegenden, die für die Versorgung mit fossiler Energie von entscheidender Bedeutung sind, geprägt ist, rückt die effiziente Verwendung fossiler Energie und Nutzung alternativer Energiequellen verstärkt ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Neben den Auswirkungen auf Klima und Umwelt (siehe öster. Klimabericht 2014) wird in der Diskussion oftmals auf sicherheitsstrategische und volkswirtschaftliche Auswirkungen in Form hoher Ausgaben für den Import fossiler Energie vergessen.

Österreich verbraucht trotz einer von der Int. Energie Agentur in ihrem diesjährigen *In-Depth Country Review* festgestellten Führungsposition bei nachhaltigen Gebäuden noch immer ca. 1/3 des energetischen Endverbrauchs für Raumheizung und Klimatisierung, vielfach basierend auf fossilen Energieträgern. Neben oben erwähnten Abhängigkeiten von politisch instabilen Versorgungsgebieten und negativen Auswirkungen auf die österreichische Handelsbilanz ist ein weiterer Aspekt von ganz besonderer Bedeutung, jener der regionalen Wertschöpfung und Beschäftigung. Die energetische Sanierung von Gebäuden schafft Arbeitsplätze für Personen mit niedriger Qualifikation und die breite Umstellung auf Biomasse schafft dauerhafte Arbeitsplätze in ländlichen Regionen. Auf der anderen Seite des Qualifikationsspektrums schafft ein starker Heimmarkt für Gebäudetechnologien Arbeitsplätze in Forschung und Entwicklung sowie Produktion und Montage dieser Systeme.

Nicht zuletzt aus diesen Gründen hat die burgenländische Landesregierung in der gerade fertiggestellten *FTI-Strategie Burgenland 2025* den Bereich *Nachhaltige Energie* zu einem von drei Schlüsselbereichen erklärt. Die darin genannten Schwerpunktfelder neue Baustoffe, neue Technologien und Innovationen zur Energieeffizienz, Speicherung und Umwandlung von Energie, die intelligente Steuerung privater und öffentlicher Gebäuden, sowie die technische Sicherheit und Versorgungssicherheit dezentraler, regenerativer Energieversorgung decken sich mit den Themenbereichen des internationalen Fachkongresses e-nova.

Eine thematische Überdeckung ergibt sich auch mit dem Projekt Energetikum der Tochtergesellschaft des Gastgebers *Fachhochschule Burgenland*, der *Forschung Burgenland*. Das als zweigeschossiges Versuchsgebäude mit einer Nutzfläche von ca. 500m<sup>2</sup> konzipierte Bauwerk ermöglicht die Weiterentwicklung alternativer Energieversorgungssysteme und Speichertechnologien unter Berücksichtigung des realen Nutzerverhaltens. Die flexible Hydraulik und das offene regelungstechnische Konzept eröffnen dabei neue Möglichkeiten der umfassenden Optimierung aller energetischen Akteure (Regelung, Erzeuger, Speicher und Verbraucher). Das umfangreiche energetische Monitoring schafft zudem beste Voraussetzungen für die Validierung und Weiterentwicklung von Gebäude- und Anlagensimulationsmodellen sowie regelungstechnischen Strategien unter Berücksichtigung thermisch aktivierter Bauteile (Betonkernaktivierung, oberflächennahe Systeme und Fußbodenaktivierung) sowie Wärmepumpensystemen. Zudem ermöglicht das Versuchsgebäude auch die Integration und regelungstechnische Verknüpfung von Geo-Exchange-, Solarthermie-, Photovoltaik, Sorptionstechnikanlagen, Verschattungs- und Erdwärmetauschersystemen. Es ist unschwer zu erkennen, dass wir auf unser „Baby“ sehr stolz sind! Gleichzeitig wollen wir damit unserer regionalen und überregionalen Impulsgeberfunktion für den Technologietransfer nachkommen.

Der Tagungsband der e-nova 2014 ist die Zusammenfassung der Konferenzvorträge. Dabei stehen oft die Identifikation und Lösung technischer und naturwissenschaftlicher Detailprobleme im Vordergrund. Jedoch sollen dabei Gesamtzusammenhänge und das Umfeld nicht vergessen werden! Dies gilt sowohl in technischer Hinsicht in Bezug auf das Gesamtsystem Gebäude als auch in Bezug auf die Einbettung in Wirtschaft und Gesellschaft.

Walter Mayrhofer  
Forschungsleiter  
Fachhochschule Burgenland

Gernot Hanreich  
Vorsitzender des  
wissenschaftlichen Beirats

Markus Puchegger  
Vorsitzender des  
Organisationskomitees

	107
Action	115
standard	119
	129
amilienhauses	137
künftigem NZEB Standard	147
	155
ktoren	165
	171
rt (HU)	179
dards nbh / A)	191
us Gebäudesanierung	199
ansparent Building Components	205

## Session 5b: klimaaktiv – Constructing and Renovating

<b>Leistbare und energieeffiziente Gebäude – Wirtschaftlichkeitsanalysen und integrale Konzepte</b> (Ploss / Energieinstitut Vorarlberg / A)	217
<b>living_gender Planungshandbuch</b> (Lubitz-Prohaska, G. Mraz / Österreichisches Ökologie-Institut / A)	
(Schrattenecker, Schön, Trebut / ÖGUT / A)	
(Schöberl, Mörrixbauer, Schleger / Schöberl & Pöll GmbH / A)	225
<b>klimaaktiv Katalog für Lebensmittelsupermärkte</b> (Lipp, Fellner / IBO / A)	231
<b>Cafe Corso</b> (Kopeinig / Arch+More ZT GmbH / A)	237

## Session 6b: REAct – Air for Living

<b>Luft- und Klimatechnik im Spannungsfeld von Behaglichkeit und Energieeffizienz</b> (Törpe / AL-KO EMCO Klimasysteme / DE)	245
<b>Comparison of carbon dioxide concentration and air change rates in two identical dwellings before and after renovation in Slovakia</b> (Földváry, Petráš / Slovak University of Technology in Bratislava / SK)	251

## Session 7b: Indoor Climate

<b>Thermische Sanierung erfordert Lüftungskonzept</b> (Häusler / bauphysik.at / A)	259
<b>Lüftung 3.0 – Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern</b> (Tappler / Institut für Baubiologie und Bauökologie / A)	269
<b>Raumklima, Luftqualität und Mensch</b> (Redlein, Zobl, Humhal / TU Wien, IFM / A)	275

## Session 4c: eNNOVATION

<b>Photovoltaik-Dachgarten – integrierter Mehrwert für Mensch, Pflanzen und Energie</b> (Lins, Zluwa, Becker / tatwort – Nachhaltige Projekte GmbH, BOKU, ATB / A)	285
<b>LCA-Vergleich unterschiedlicher Lampensysteme (LED, magnetische Induktion)</b> (Lunzer / Dr. Lunzer Energie und Umwelt e.U. / A)	291

## Raumklima, Luftqualität und Mensch

A. REDLEIN, M. ZOBL, C. HUMHAL

TU Wien, IFM – Immobilien und Facility Management, Österreich

**ABSTRACT:** Facility Management (FM) is not only about cost and energy savings. Even the human being itself must be more involved in this consideration. Only if an optimal working environment is provided, employees can deliver top performances and increase their productivities. The attention must be placed on the whole system „work“ so that workplaces can be developed. At first a critical question has to be considered: „Which work processes have to be supported? (that's the definition of requirement)“. After that, the „workplace infrastructure“ has to be matched with these criteria. In the end spaces are created which support users to do their work as good as possible. There are already a lot of innovative and creative solutions, such as the creation of flexible jobs, job sharing, or even the abandonment of offices (e.g. home office or working directly at the customer and more). Additionally costs and energy reduction can be achieved, regarding to saving of work areas. Optimized spaces e.g. in schools shall be created to encourage pupils in their activities. Therefore, carefully selected investments in school facilities and equipment may help a lot. By appropriate investments, the effects on the physiology, the well-being and the health of pupils can be positively influenced. To prove this scientifically, a study at compulsory schools in Carinthia (Austria) has been started by the IFM (Vienna University of Technology). The key question is which parameters of spaces or room equipments as well as ventilation systems have which effect of concentration and performance and on the (subjective) well-being and health of pupils. The team consists of a planner (spatial planner and architect), an industrial psychologist, an ophthalmologist with additional training as an occupational physician, a statistician and a business economist. Because climatic aspects have different effects on each human being, the results of this study can not only relate to classrooms, but also to other premises such as offices. By using a d2 test (note: standardized attention and concentration test) the ability of concentration of the pupils was collected. The mood of the students was queried with a questionnaire. This first arose fundamental factors such as seat behavior in the classroom or break behavior. Furthermore, the general well-being in school, the feeling of the classroom and the assessment of natural and artificial light were collected inter alia. Also, lessons and classmates were assessed by the pupils. The detection of different parameters such as space illuminance, room temperature, humidity, carbon dioxide, ammonia and carbon monoxide was measured by sensors. The data was recorded on a notebook. Additionally, standardized medical examinations of the pupils regarding the current visual skills and the respiratory tract have been accomplished. Besides, by using a questionnaire, the subjective assessment of discomfort to the eyes, fluid intake and ophthalmologic history was charged. The medical examinations and the resulting findings were correlated with the spatial parameters of the classroom, as one part of the statistical analysis. The results of the psychological tests were analyzed with the space parameter data and checked for possible correlations. The different ventilation systems of classes in conjunction with the space indicators have also been examined for possible correlations. In order to derive first results and recommendations, possible correlations between the measured parameters were identified and interpreted.

### 1. EINLEITUNG

Facility Management (FM) betrifft nicht nur Kosten- und Energieeinsparung. Auch der Mensch selbst muss verstärkt in die Betrachtungen einbezogen werden. Mitarbeiter können nur dann Höchstleistungen erbringen bzw. ihre Produktivität steigern, wenn das dazu nötige Arbeitsumfeld bereitgestellt wird und sich die Personen „wohl fühlen“. Arbeitsplätze können nur gut funktionieren bzw. entwickelt werden, wenn die

Aufmerksamkeit auf das gesamte System Arbeitsplatz gelegt wird. Dies betrifft den physischen Aspekt wie Gebäude und Räumlichkeiten sowie den psychosozialen Aspekt wie die Interaktion zwischen den Menschen.

Da der erste „Arbeitsplatz“ eines Menschen die Schule ist, können obige Aspekte auch in diesem Kontext verstanden werden. Vorstudien und Literatur zeigen, dass zwischen bestimmten Raumparametern und dem Wohlbefinden bzw. der Konzentrationsfähigkeit signifikante Zusammenhänge bestehen. Die Publikationen sind aber widersprüchlich und lassen nur beschränkt Rückschlüsse zu. Im Rahmen dieser Studie wird erhoben, wie Raumparameter das Wohlbefinden und die Produktivität von Schüler steigern. Auf Basis der qualitativen Daten wurden psychische und physische Auswirkungen auf die Schüler quantitativ erhoben. Anhand von statistischen Modellen wird dann analysiert, welche Parameter das Wohlbefinden und die Lernfähigkeit beeinflussen. Diese Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf die optimale Gestaltung der Lernumgebung zu. Da Schüler aber auch die ArbeitnehmerInnen der Zukunft sind, gelten diese auch für das „Büro der Zukunft“.

## 2. AUFGABENBESCHREIBUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Referenzprojekte zum Thema „Schuldesign“ wurden u.a. von der Alexi Marmot Association UCL durchgeführt. Es sollen optimierte Räume in Schulen geschaffen werden, um die Benutzer in ihren Aktivitäten zu fördern (Marmot, 2009). Schulgebäude stellen langfristige Investitionen dar, die laufend wechselnde Anforderungen bewältigen müssen. Sie müssen einerseits viele Jahrzehnte überdauern und andererseits auf aktuelle und zukünftige pädagogische Veränderungen angepasst werden. Das betrifft u.a. die IT-Infrastrukturen aber auch die Kosten und die Lebensdauer von Anlagen. Dabei sind einige Systeme und Anlagen einfach zu warten, andere wie bspw. Belüftungssysteme bedürfen hingegen höherer Aufmerksamkeit. Sorgfältig ausgewählte Investitionen in schulische Einrichtungen können helfen, Schule erlebbar zu machen und somit wesentlich zur Verbesserung der Beziehung zwischen Schüler, Eltern, Lehrern und Gemeinde beitragen. Auch können Arbeitsplätze nur gut funktionieren bzw. entwickelt werden können, wenn die Aufmerksamkeit auf das gesamte System Arbeitsplatz gelegt wird (Nenonen, 2004). Dies betrifft den physischen Aspekt wie Gebäude, Räumlichkeiten, Ausstattung etc. sowie den psychosozialen Aspekt (z. B. Möglichkeiten für die Interaktion zwischen den Menschen). Die reine Energiebetrachtung ist zu wenig. In Österreich wurden und werden laufend Schulbauten/-sanierungen in unterschiedlichen Kategorien von Niedrigenergie- bis Passivhausbauweise durchgeführt. Dabei kommt u.a. kontrollierten Raumlüftungsanlagen zunehmende Bedeutung zu, betragen doch die durchschnittlichen Kosten für diese Anlagen zusätzlich zw. 3–5 % und bei Sanierungen zw. 5–8 % der Baukosten. Solche technische Anlagen haben laut der Literatur einen wesentlichen Einfluss auf den Menschen und bedürfen einer qualifizierten technischen als auch psychomedizinischen Aufklärung.

Wie sieht aber nun die Lernumgebung (gegenwärtig und zukünftig) aus, um die Wissensvermittlung und den Kompetenzerwerb optimal zu unterstützen? Die Theorie ergibt dabei folgendes Bild: Viele der verfügbaren Studien über die Parameter, die Produktivität und Wohlbefinden beeinflussen, widersprechen sich, oder geben keine direkten Empfehlungen. Um dies wissenschaftlich zu hinterlegen, wurde vom IFM der TU Wien gegenständliche Studie an Schulen durchgeführt. Im Rahmen der Studie „Optimierte Unterrichtsräume in Kärntner Pflichtschulen“ wurden daher Pflichtschulen (Gebäude mit/ohne Zwangsbelüftung) in Kärnten und deren unterschiedliche Auswirkungen auf die Nutzer wissenschaftlich analysiert.

## 3. FORSCHUNGSHINTERGRUND

Um eine solide Basis für Empfehlungen zu geben wurde die relevante Literatur detailliert analysiert. Der Belüftung, der Beleuchtungsstärke, der Raumtemperatur, der Luftfeuchtigkeit und dem CO<sub>2</sub>-Gehalt kommen laut der Literatur wesentliche Bedeutungen im Zusammenhang mit Mitarbeiterzufriedenheit und -produktivität zu.

### 3.1 LUFTFEUCHTIGKEIT

Insgesamt wurden ca. 30 Studien in zwei Arten auf wurden die Versuchspersonen studien wurden Personen nicht befeuchteter Umgebung anhand von Fragebögen Füllen wurden auch medizinischen Atemwegen durchgeführt. Wahrnehmungsfähigkeit unter anderem ist umstritten abzuschätzen (Fang et al., 1978). Bei den genannten Studien handelt. Unumstritten der Luftfeuchtigkeit abhängig dass durch die Erhöhung der zu erkranken, gesenkt werden Augen bzw. Haut kann um Bereich verbessert werden (1

### 3.2 RAUMTEMPERATUR

Insgesamt wurden ca. 35 Studien Untersuchungen zu widersprüchlich. So zeigt sich objektiv messbare Leistung beispielsweise kein Einfluss Leistungsfähigkeit von Prob Urlaub et al., 2010). Es gibt erhöhten Raumtemperatur Wyon, 2006). Neben den Ausre Faktoren und deren Auswirkung zu (Langkilde, 1978). Um mit steigender Temperatur bislang allerdings nur der Ei beachtet werden, dass die th

### 3.3 KOHLENDIOXID

Es wurden insgesamt ca. 40 sind wesentlich eindeutiger, Kohlendioxidgehalt der Raumluft für die Luftqualität in Räumen Parameter. Zahlreiche Studien gilt als sicher, dass mit steigendem Schwindel, trockene Kehle treten. So zeigt eine Zusammenhänge wie Reizungen und (Seppänen et al., 1999). Auch CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Sher zu, dass die Luftqualität au

betrifft den physischen Aspekt wie die Interaktion zwischen den Men-

obige Aspekte auch in diesem Kontext bestimmten Raumparametern und ammenhänge bestehen. Die Publikationen zu. Im Rahmen dieser Studie Aktivität von Schülern steigern. Aufkungen auf die Schüler quantitativ welche Parameter das Wohlbefinden esse auf die optimale Gestaltung der Zukunft sind, gelten diese auch für

## TELLUNG

Marmot Association UCL durchge- die Benutzer in ihren Aktivitäten zu n dar, die laufend wechselnde Anforder dauern und andererseits auf aktu- as betrifft u.a. die IT-Infrastrukturen ige Systeme und Anlagen einfach zu rer Aufmerksamkeit. Sorgfältig aus- hule erlebbar zu machen und somit , Lehrern und Gemeinde beitragen. den können, wenn die Aufmerksamkeit. Dies betrifft den physischen Aspekt alen Aspekt (z. B. Möglichkeiten für g ist zu wenig. In Österreich wurden Kategorien von Niedrigenergie- bis Raumlüftungsanlagen zunehmende e Anlagen zusätzlich zw. 3–5 % und n haben laut der Literatur einen we- ten technischen als auch psychomedi-

tig) aus, um die Wissensvermittlung gibt dabei folgendes Bild: Viele der efinden beeinflussen, widersprechen lich zu hinterlegen, wurde vom IFM Rahmen der Studie „Optimierte Un- ulen (Gebäude mit/ohne Zwangsbe- e Nutzer wissenschaftlich analysiert.

te Literatur detailliert analysiert. Der chtigkeit und dem CO<sub>2</sub>-Gehalt kom- ng mit Mitarbeiterzufriedenheit und

### 3.1 LUFTFEUCHTIGKEIT

Insgesamt wurden ca. 30 Studien und Untersuchungen zur Luftfeuchtigkeit gesichtet. Diese Studien lassen sich in zwei Arten aufteilen: Laboruntersuchungen und Feldstudien. Bei den Laboruntersuchungen wurden die Versuchspersonen bestimmten Klimaverhältnissen in Klimakammern ausgesetzt. Bei den Feldstudien wurden Personenkollektive, die sich zum einen in befeuchteter Umgebung und zum anderen in nicht befeuchteter Umgebung aufhalten, miteinander verglichen. Hier wurden die Ergebnisse hauptsächlich anhand von Fragebögen zum persönlichen Empfinden der einzelnen Personen erhoben. In einigen Fällen wurden auch medizinische Untersuchungen z. B. über die Veränderung der Schleimviskosität in den Atemwegen durchgeführt. Die betrachteten Studien zum Einfluss der (relativen) Luftfeuchtigkeit auf die Wahrnehmungsfähigkeit und Gesundheit des Menschen kommen z.T. zu widersprüchlichen Ergebnissen. Unter anderem ist umstritten, inwieweit der Mensch in der Lage ist, die relative Luftfeuchtigkeit sensorisch abzuschätzen (Fang et al., 1998; Reinikainen et al., 1992). Auch die Vorstellung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute austrocknen ist umstritten (Andersen et al., 1972; Sato et al., 2003; Strauss et al.; 1978). Bei den genannten Studienergebnissen ist allerdings zu beachten, dass es sich um Reinraumuntersuchungen handelt. Unumstritten ist allerdings die Tatsache, dass Krankheitserreger in der Raumluft eine von der Luftfeuchtigkeit abhängige Lebensdauer aufweisen. Die meisten Studien kommen zu der Erkenntnis, dass durch die Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit die Wahrscheinlichkeit, an einem grippalen Infekt zu erkranken, gesenkt werden kann (Sale, 1971; Green, 1974; Fiedler et al.; 1996). Das Problem trockener Augen bzw. Haut kann unter Umständen durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit in diesem Bereich verbessert werden (Laviana et al., 1988; Sommer et al., 1994; Sato et al., 2003).

### 3.2 RAUMTEMPERATUR

Insgesamt wurden ca. 35 Studien und Untersuchungen zur Raumtemperatur gesichtet. Die bisher vorliegenden Untersuchungen zum Thema Leistungsfähigkeit und thermisches Raumklima sind teilweise widersprüchlich. So zeigt sich in einigen Untersuchungen kein Einfluss erhöhter Raumtemperaturen auf die objektiv messbare Leistung bei der Ausführung verschiedener Testaufgaben. So konnte bei Untersuchungen beispielsweise kein Einfluss verschiedener Kombinationen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Leistungsfähigkeit von Probanden feststellen, die simulierte Büroaufgaben erledigten (Fang et al., 2004; Urlaub et al., 2010). Es gibt aber auch Studien, die in mehreren Tests eine Leistungsabnahme bei (moderat) erhöhten Raumtemperaturen zeigen (Langkilde, 1978; Wyon, 1986; Schrader et al. 1983; Wargocki, & Wyon, 2006). Neben den Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Probanden werden auch noch andere Faktoren und deren Auswirkungen untersucht. Mit steigender Temperatur nimmt zudem die Schläfrigkeit zu (Langkilde, 1978). Die Konzentrationsfähigkeit, Gedächtnisleistung und Aufmerksamkeit nehmen mit steigender Temperatur ab (Wyon et al. 1981; Schrader et al. 1983; Wyon, 1996). Untersucht wurde bislang allerdings nur der Einfluss der Temperatur auf eine einmalige Leistungserbringung. Es muss auch beachtet werden, dass die thermische Behaglichkeit nicht nur von der Temperatur abhängt.

### 3.3 KOHLENDIOXID

Es wurden insgesamt ca. 40 Studien zum Kohlendioxid gesichtet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind wesentlich eindeutiger, als dies bei der Luftfeuchtigkeit und der Raumtemperatur der Fall ist. Der Kohlendioxidgehalt der Raumluft wird seit 150 Jahren, auch aufgrund seiner einfachen Messbarkeit, als Indikator für die Luftqualität in Räumen verwendet. Dieser Indikator ist somit besser erforscht wie andere (Luft-) Parameter. Zahlreiche Studien zeigen die Auswirkungen geringer Luftqualität bzw. hoher CO<sub>2</sub>-Werte. Es gilt als sicher, dass mit steigendem Kohlendioxidgehalt Ermüdungserscheinungen sowie Kopfschmerzen, Schwindel, trockene Kehle und Schleimhautreizungen, später auch Atemnot und Bewusstlosigkeit auftreten. So zeigt eine Zusammenschau von Studien, dass sich mit abnehmender CO<sub>2</sub>-Konzentration Beschwerden wie Reizungen und Trockenheit von Schleimhäuten, Müdigkeit und Kopfschmerzen verringern (Seppänen et al., 1999). Auch die Fehlzeiten von Schülern und Büromitarbeitern steigen mit zunehmenden CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Shendell et al., 2004). Studien aus den letzten Jahren lassen zudem Rückschlüsse zu, dass die Luftqualität auch Einfluss auf die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Raumnutzer





Leistungen und einer deutlichen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schüler fest (Myrhold et al., schlechteren Ergebnissen bei Mathema-

Luftqualität – in den meisten Studien auf Leistungsfähigkeit von Personen zu sein, werden in Studien unterschiedliche Qualität und Quantität der erbrachten oder das subjektive Empfinden der Mitarbeiter steigen mit zunehmenden Rückschlüsse zu, dass die Luftqualität Raumnutzer hat. Hohe CO<sub>2</sub>-Werte gehen mit einer deutlichen Reduktion des Lernerfolgs bei der Raumtemperatur teilweise wider Luftfeuchtigkeit auf den Schleimfluss in der Haut kann unter Umständen durch verbessert werden. Die vorliegenden Untersuchungen sind teilweise widersprüchlich. So zeigen Untersuchungen auf die objektiv messbaren Parameter auch Studien, die in mehreren Testungen zeigen (Wargocki, & Wyon, 2006). Leistungstests untersuchten, zeigen eine Zunahme bereits bei erhöhten Raumtemperaturen.

Die teilweise widersprüchlichen Resultate zeigen die divergenten Aussagen der Literatur in Kärnten, eine Auswertung zu erhalten, Untersuchungen auf die einzelnen Schüler auszuwirken, wurden in der Vorstudie folgendes

Einfluss, Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, sowie den Einfluss unterschiedlicher Belüftungssysteme, insbesondere auf die Konzentrations- und Konzentrationsfähigkeit mittels eines Aufmerksamkeitsaufgabens sowie die Befindlichkeit (siehe Aspekte). Der für die Untersuchung untersuchte Faktoren des Schülers wie zum Beispiel die Bewertung verschiedenster Befindlichkeit in der Schule, das Empfinden des Lichts, das Empfinden der Luft in der

den Schülern, zur Erfassung der aktuell durchgeführt. Im Detail wurden bei den Schülern, das subjektive Sehvermögen und die

Wahrnehmung der räumlichen Parameter, sowie Erhebungen zur aktuellen Befindlichkeit durchgeführt. Der für die Untersuchung zum trockenen Auge entwickelte Fragebogen erhob zuerst die Beschwerden an den Augen. Die jeweilige Ausprägung wurde auf einer Skala von keine Beschwerden bis starke Beschwerden von den Schülern eingeschätzt. Weiters erfolgte die Abfrage über die ophthalmologische Vorgeschichte wie Brillen-/Kontaktlinsenträger, bekannte Augenerkrankungen etc.

Die daraus resultierenden Ergebnisse wurden mit den Raumparametern des Klassenraumes korreliert. Zusätzlich wurden auch die Ergebnisse des psychologischen Tests mit den Raumparameterdaten korreliert und analysiert. Ziel dieser Erhebungen war es, die aktuelle Situation in den Schulklassen in Bezug auf die räumlichen Gegebenheiten sowie die medizinischen und psychologischen Aspekte darzustellen. Es wurden mögliche Zusammenhänge zwischen den erhobenen Parametern identifiziert und interpretiert um daraus mögliche Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Klassenräume und ihre Schüler waren für die Untersuchungen sehr gut geeignet, da sie in den wesentlichen deskriptiven Faktoren eine dem Alter entsprechend streuende Gruppe darstellen. Die Schüler, besuchen alle die 4. Klasse Hauptschule bzw. Neue Mittelschule, die Altersschere beträgt ca. ein Jahr. Insgesamt haben 159 Schüler den Befindlichkeitsfragebogen ausgefüllt bzw. den Aufmerksamkeitstest absolviert.

## 5. ERGEBNISSE

### 5.1 PSYCHOLOGISCHER/MEDIZINISCHER ASPEKT UND BELUEFTUNGSSYSTEM

Bei der Betrachtung des psychologischen und medizinischen Teils ergibt sich kein eindeutiges Bild im Zusammenhang mit dem zu verwendenden bzw. zu bevorzugenden Belüftungssystem. Es ergeben sich bei den meisten betrachteten Parametern keine oder nur schwache signifikante Unterschiede zwischen den Belüftungssystemen. Bei vielen erhobenen Parametern handelt es sich um subjektive Einschätzungen der Schüler, die neben dem Belüftungssystem auch noch von anderen Faktoren beeinflusst werden. So wird bspw. die ophthalmologische Vorgeschichte nicht nur von den Einflussfaktoren während des Schulbesuchs beeinflusst, sondern auch von der Freizeitgestaltung und den Einflussfaktoren im häuslichen Umfeld. Auch die Tagesverfassung, die Bekleidung, das subjektive Wohlbefinden, die allgemeine Gesundheit etc. haben einen Einfluss auf die subjektive Beurteilung und Einschätzung der abgefragten Parameter im Befindlichkeitsfragebogen sowie beim Fragebogen zum trockenen Auge. Bei den (quantitativ) messbaren Faktoren wie Konzentrationsleistung, Fehlerprozent, SICCA, VisusSC usw. zeigt sich ein ähnliches Bild. So weisen Schüler der Klassen mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen die höchsten Werte der Konzentrationsleistung und einen geringen Anteil an Schülern mit trockenen Augen auf, während Schüler in Klassen ohne kontrollierte Belüftung bessere Werte bei den Fehlerprozent und beim VisusSC aufweisen. Insgesamt betrachtet weisen allerdings Klassen mit dezentralen/lokalen und CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen seltener Ausreißer nach unten auf, d.h. es liegen seltener die schlechtesten Werte bzw. die meisten Beschwerden vor als bei Klassen ohne kontrollierte Belüftung.

### 5.2 RAUMPARAMETER UND BELUEFTUNGSSYSTEM

Bei der Betrachtung der Raumparameter ergibt sich ein etwas eindeutigeres Bild im Zusammenhang mit dem zu verwendenden bzw. zu bevorzugenden Belüftungssystem. Vor allem im Zusammenhang mit CO<sub>2</sub> und Mischgas weisen Klassen mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen wesentlich niedrigere Konzentrationen auf, vor allem gegenüber Klassen ohne kontrollierte Belüftung. Ein Indiz dafür ist auch die eruierte Konzentrationsleistung beim Aufmerksamkeitstest. Hier wiesen Schüler in Klassen mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen die höchsten Durchschnittswerte der Konzentrationsleistung auf. Die Gefahr der negativen Auswirkungen auf die Raumnutzer bzw. Schüler durch erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind bei CO<sub>2</sub>-gesteuerten Belüftungsanlagen somit gegenüber den anderen Belüftungssystemen geringer. Zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Klassenräumen scheint daher die Verwendung von CO<sub>2</sub>-gesteuerten Belüftungsanlagen sinnvoll. Beim Mischgas gilt ähnliches. Hier weisen Klassen mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen signifikant bessere Werte bzw. niedrigere Konzentrationen auf, als dies bei den anderen Belüftungssystemen der Fall ist. Bei Klassen

mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Belüftungsanlagen besteht daher ein geringeres Risiko für die Schüler an Reizwirkungen oder Beeinträchtigungen des Wohlbefindens oder Kopfschmerzen im Zusammenhang mit erhöhten Mischgaskonzentrationen zu leiden. Daher scheint auch im Zusammenhang mit dem Raumparameter Mischgas die Verwendung einer CO<sub>2</sub>-gesteuerten Belüftungsanlage als sinnvoll.

Problematischer ist eine Einschätzung im Zusammenhang mit den Raumparametern Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur. Studien zum Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Wahrnehmungsfähigkeit und Gesundheit des Menschen kommen dabei z.T. zu widersprüchlichen Ergebnissen. Es ist bspw. umstritten, inwieweit der Mensch in der Lage ist, die Luftfeuchtigkeit sensorisch abzuschätzen. Ebenso kommen die bisher vorliegenden Untersuchungen zum Thema Leistungsfähigkeit und thermisches Raumklima zu unterschiedlichen Ergebnissen. Generell gilt, dass sowohl zu hohe und zu niedrige Werte für die Luftfeuchtigkeit vermieden werden sollten. Die Luftfeuchtigkeit lag in der Einzelbetrachtung eher sehr niedrig, dies gilt sowohl für den gesamten Messzeitraum als auch für die Unterrichtszeit. Klassen ohne kontrollierte Belüftung wiesen dabei gesamt gesehen noch die besten Werte auf. Die durchschnittliche Temperatur der meisten Schulklassen bzw. Belüftungssysteme lag innerhalb oder knapp oberhalb des Normbereichs. Die Temperaturunterschiede zwischen den Klassen bzw. Belüftungssystemen sind gering. Bei Betrachtung der Kombination aus Luftfeuchtigkeit und Temperatur müssen die Einzelergebnisse der Luftfeuchtigkeit und der Raumtemperatur relativiert werden. Hier weisen Klassen ohne kontrollierte Belüftung die stärksten Ausreißer auf. Diese liegen bei sehr hohen Luftfeuchtigkeitswerten und niedrigen Temperaturen. Auch die Ausreißer nach unten sind bei Klassen ohne kontrollierte Belüftung sowie bei Klassen mit dezentralen/lokalen Belüftungssystemen stärker ausgeprägt. Diese Ausreißer nach unten sind bei Klassen mit CO<sub>2</sub>-gesteuerten Anlagen etwas schwächer ausgeprägt.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Gesamt betrachtet erscheint vor allem vor dem Hintergrund der niedrigeren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, die einen wichtigen Parameter für die Raumluftqualität darstellen, die Verwendung von (CO<sub>2</sub>-gesteuerten) Belüftungsanlagen sinnvoll. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch die Raumluft-Untersuchung Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern (Tappler et al., 2014). In dieser Untersuchung erzielten Wohnobjekte mit Wohnraumlüftungsanlagen bei sämtlichen Parametern für gesunde Raumluft im Mittel bessere Werte als rein über die Fenster belüftete Objekte und wiesen somit ein höhere Raumluftqualität auf. Bei reiner Fensterlüftung war die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration auffällig erhöht. Bei Schadstoffen aus der Gruppe der VOC (Mischgas) verhielt es sich ähnlich. Im Bereich der Luftfeuchte im Winter zeigte sich bei Lüftungsanlagen Optimierungsbedarf. Trockene Augen wurden häufiger als Kritikpunkt in Wohnobjekten mit Wohnraumlüftungsanlagen angegeben, da die im Rahmen der Untersuchung geprüften Anlagen noch nicht mit moderner Feuchterückgewinnung und Bedarfsregelung ausgestattet waren. Auch aus medizinischer Sicht können laut der Studie durch Wohnraumlüftungsanlagen die Gesundheit und das Wohlbefinden positiv beeinflusst werden. Auch der Arbeitskreis Innenraumluft und Ärztekammer fordern Schulklassen mit Komfortlüftung. Durch die Verwendung von Komfortlüftungsanlagen sind Leistungsgewinne im zweistelligen Bereich möglich. Darüber hinaus würde die Anzahl der Krankenstände sinken, da zu erwarten ist, dass die Ansteckungsgefahr bspw. in Grippezeiten abnimmt. Die teilweise höheren Kosten für Errichtung und Wartung von Komfortlüftungsanlagen werden durch die ersparten Krankenstandskosten und eingesparte Energie mehr als kompensiert. Laut dem Projektteam der Studie „Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens“ sind Schulneubauten bzw. Sanierungen ohne den Einbau einer mechanischen Lüftung mit Wärme- und Feuchterückgewinnung nicht mehr zeitgemäß (Gremel et al., 2008). Der Nachweis, dass mit einer Fensterlüftung keine ausreichende Luftqualität erreicht werden kann, wurde durch Studien in Österreich, Deutschland und der Schweiz erbracht. Die in den verschiedenen Studien ermittelten Leistungseinbußen sind mit 4–10% signifikant. Anlagen mit Wärmerückgewinnung und Abluftanlagen mit Bedarfssteuerung sind empfehlenswert. Ein Erdwärmetauscher hält die Zuluft im Sommer angenehm kühl. Die regelmäßige Wartung und Inspektion raumlufttechnischer Anlagen muss allerdings gewährleistet

sein. Zudem muss das N angepasst sein. Um die I befeuchter eingesetzt we gewinnung sinnvoll sein verwendeten Baumateri: Luftfeuchtigkeit, den C

## LITERATUR

- Andersen, I. B., Lundqv  
rolled humidities. A  
Fang, L., Clausen, G., I  
indoor air quality du  
Fang, L., Wyon, D. P., C  
an office on perceive  
Fiedler, K., Hoyer, H. (1  
giene und Lebenswe  
kindern. Zbl. Hyg. 1  
Green, G. H. (1974) The  
Trans. 80, pp. 131–1  
Gremel, A., Blümel, E.,  
Evaluierung von me  
Projektbericht im Ra  
für Verkehr, Innovati  
Langkilde, G. (1978) Th  
O. (Hrsg.): Indoor C  
Laviana, J. E., Rohles, F.  
94, pp. 3–11.  
Marmor A. (2009) Scho  
Myrhold, A. N., Olsen, I  
formance in regard t  
rence on Indoor Air C  
Nenonen, S. (2004) Ana  
233–239.  
Reinikainen, L. M., Jaak  
and perception of in  
ronm. Health 47, pp.  
Sale, C. S. (1971) Humid  
Allergy 29, pp. 356–  
Sato, M., Fukayo, S., Yan  
indoor air. J. Occup.  
Schrader, G., Bischof, W.  
Stadt- und Gebäudet  
Seppänen, O. A., Fisk, W.  
with health and other  
centrations in classroo  
– Proc. 10<sup>th</sup> Internat. C  
Shendell, D., Prill, R., Fisk  
CO<sub>2</sub> concentrations at

es Risiko für die Schüler an Reizwirkungen im Zusammenhang mit erhöhtem Zusammenhang mit dem Raumparameter ist sinnvoll.

Bei Raumparametern Luftfeuchtigkeit die Wahrnehmungsfähigkeit und Ergebnisse. Es ist bspw. umstritten, ob abzuschätzen. Ebenso kommen die psychischen und thermisches Raumklima zu unzureichend niedrige Werte für die Luftfeuchte bei Betrachtung eher sehr niedrig, dies ist nicht die Richtzeit. Klassen ohne kontrollierte Lüftung die durchschnittliche Temperatur der Luft liegt oberhalb des Normbereichs. Die Klassen sind gering. Bei Betrachtung der Ergebnisse der Luftfeuchtigkeit und kontrollierte Belüftung die stärksten und niedrigsten Temperaturen. Auch bei Klassen mit dezentraler Lüftung unten sind bei Klassen mit CO<sub>2</sub>-

## RECHNEREIHEN

geringeren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, die Verwendung von (CO<sub>2</sub>-gesteuerten) Lüftungsanlagen die Raumluf-Untersuchung Bewohner Wohnhäusern (Tappler et al., 2008) Lüftungsanlagen bei sämtlichen Paaren die Fenster belüftete Objekte und wie war die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration (Fischgas) verhielt es sich ähnlich. Im Vergleich zum Optimierungbedarf. Trockene Augen sind bei Lüftungsanlagen angegeben, da die im Vergleich zur Feuchterückgewinnung und Belüftung laut der Studie durch Wohnraumflusst werden. Auch der Arbeitskreis Lüftung. Durch die Verwendung von Lüftung ist möglich. Darüber hinaus würde die Belüftungsgefahr bspw. in Grippezeiten von Komfortlüftungsanlagen werden eher als kompensiert. Laut dem Prof. Dr. in Österreich und Erstellung der Studie den Einbau einer mechanischen Lüftung (Gremml et al., 2008). Der Nachweis wird werden kann, wurde durch Studien verschiedenen Studien ermittelten Feuchterückgewinnung und Abluftanlagen ist die Zuluft im Sommer angenehm Lüftungsanlagen muss allerdings gewährleistet

sein. Zudem muss das Nutzerverhalten bzw. das Lüftungsverhalten entsprechend den eingesetzten Anlagen angepasst sein. Um die Raumlufteuchte vor allem während der kalten Jahreszeit zu erhöhen, können Luftbefeuchter eingesetzt werden. Auch können aktive Befeuchtungen und Wärmetauscher mit Feuchterückgewinnung sinnvoll sein. So kann die Luftfeuchtigkeit optimiert werden. Generell beeinflussen auch die verwendeten Baumaterialien und die Bauweise sowie die Beseitigung von Bauschäden oder Baufehlern, die Luftfeuchtigkeit, den CO<sub>2</sub>-Wert und die Temperatur wesentlich.

## LITERATUR

- Andersen, I. B., Lundqvist, G. R., Proctor, D. F. (1972) Human nasal mucosal function under four controlled humidities. *Am. Rev. Respir. Dis.* 106, pp. 438–449.
- Fang, L., Clausen, G., Fanger, P. O. (1998) Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality during immediate and longer whole-body exposures. *Indoor Air* 8, pp. 276–284.
- Fang, L., Wyon, D. P., Clausen, G., Fanger, P. O. (2004) Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air* 14, pp. 74–81.
- Fiedler, K., Hoyer, H. (1996) Logistische Regressionsanalysen zum Einfluss von Wohnumwelt, Wohnhygiene und Lebensweise auf die Häufigkeit und Dauer akuter respiratorischer Erkrankungen bei Kleinkindern. *Zbl. Hyg.* 198, S. 204–214.
- Green, G. H. (1974) The effect of indoor relative humidity on absenteeism and colds in schools. *ASHRAE Trans.* 80, pp. 131–141.
- Gremml, A., Blümel, E., Gössler, A., Kapferer, R., Leitzinger, W., Suschek-Berger, J., Tappler, P. (2008) Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen und Erstellung eines Planungsleitfadens. Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Langkilde, G. (1978) The influence of the thermal environment on office work. In: Fanger, P. O., Valbjörn, O. (Hrsg.): *Indoor Climate*. Kopenhagen: Byggeforskningsinstitut.
- Laviana, J. E., Rohles, F. H., Bullock, P. E. (1988) Humidity, comfort and contact lenses. *ASHRAE Trans.* 94, pp. 3–11.
- Marmot, A. (2009) *School Design from A-Z*. AMA Alexi Marmot Associates, Broschüre.
- Myrholm, A. N., Olsen, E., Lauridsen, Q. (1996) Indoor environment in school – pupils health and performance in regard to CO<sub>2</sub> concentrations. *Proceedings of Indoor Air'96: The 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 4, pp. 369–374.
- Nenonen, S. (2004) Analysing the intangible benefits of work space. In: *Facilities*, Vol. 22, No. 9/10, pp. 233–239.
- Reinikainen, L. M., Jaakkola, J. J. K., Seppänen, O. (1992) The effect of air humidification on symptoms and perception of indoor air quality in office workers – A six-period cross-over trial. In: *Arch. Environm. Health* 47, pp. 8–15.
- Sale, C. S. (1971) Humidification during the cold weather to assist perennial allergic rhinitis patients. *Ann. Allergy* 29, pp. 356–357.
- Sato, M., Fukayo, S., Yano, E. (2003) Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air. *J. Occup. Health* 45, pp. 133–136.
- Schrader, G., Bischof, W., Horn, H. (1983) Mentale Leistung unter variierten Raumklimabedingungen. *Stadt- und Gebäudetechnik*, 37, 7, S. 212–214.
- Seppänen, O. A., Fisk, W. J., Mendell, M. J. (1999) Association of ventilation rates and CO<sub>2</sub> concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air* 9: pp. 226–252.
- Shaughnessy R., Haverinen-Shaughnessy U., Nevalainen A. and Moschandreas D. (2005) Carbon dioxide concentrations in classrooms and association with student performance: a preliminary study. In: *Indoor Air '05 – Proc. 10<sup>th</sup> Internat. Conference On Indoor Air Quality and Climate*, Beijing, China, Vol. 1, pp. 373–376.
- Shendell, D., Prill, R., Fisk, W. J., Apte, M. G., Blake, D., Faulkner, D. (2004) Associations between classroom CO<sub>2</sub> concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*, 14, pp. 333–341.

- Sommer, H., Johnen, J., Schongen, P., Stolze, H. (1994) Adaptation of the tear film to work in air-conditioned rooms (office-eye syndrome). *Ger. J. Ophthalmol.* 3, pp. 406–408.
- Strauss, R. H., McFadden, E. R., Ingram, R. H., Deal, E. C., Jaeger, J. J. (1978) Influence of heat and humidity on the airway obstruction induced by exercise in asthma. *J. Clin. Invest.* 61, Nr. 2, pp. 433–440.
- Tappler, P. et al. (2014) Neue Energien 2020, Lüftung 3.0 Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern. 1. Ausschreibung Klima- und Energiefond des Bundes.
- Urlaub, S., Hellwig, R. T., Treeck, C. van, Sedlbauer, K. (2010) Möglichkeiten und Grenzen bei der Modellierung von Einflussfaktoren auf die menschliche Leistungsfähigkeit. *Bauphysik* 32, Nr. 6, S. 373–379.
- Wargocki, P., Wyon, D. P. (2006) Research report on effects of HVAC on student performance. *ASHRAE Journal*, Oktober 2006, pp. 22–28.
- Wyon, D. P. (1986) The effects of indoor climate on productivity and performance. *VVS & Energi; Organ för VVS-Tekniska Föreningen*, 3, pp. 59–65.
- Wyon, D. P. (1996) Indoor Environmental Effects on Productivity. *Indoor Air Quality 1996, Paths to Better Building Environments*, Keynote Address, pp. 5–15.
- Wyon, D. P., Andersen, I., Lundquist, G. R. (1981) The effects of moderate heat stress on mental performance. Chapter 16 in: *Cena, K.; Clark, J. A. (Ed.) Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort*. Elsevier: Amsterdam, Oxford, New York.

# Session

## eNNOV

### Photovoltaik-] Pflanzen und ]

(LINS, ZLUWA, BEC

### LCA-Vergleich magnetische I

(LUNZER / Dr. Lunze

BRINGT BESONDERES ZUSAMMEN



Bereits zum 18. Mal findet am Forschungs- und Studienzentrum Pinkafeld der internationale Fachkongress „e-nova“ statt. Seit 2007 steht das Gebäude mit all seinen Aspekten wie Energieumsatz, Behaglichkeit, Ökologie, aber auch Gesundheitswirkung und Nutzerakzeptanz im Vordergrund. Seit 2010 widmet sich die e-nova explizit den „nachhaltigen Gebäuden“. Der Anteil am energetischen Endverbrauch liegt in Österreich für die Bereiche Raumheizung und Klimatisierung bei etwa einem Drittel – dies unterstreicht die Bedeutung des Themenbereichs. Der vorliegende Band fasst die im Rahmen der Konferenz dargebotenen Vorträge zusammen. Wir sind der Überzeugung, dass die Veranstaltung durch den Austausch von Know-how und die Vernetzung auf Expertenebene einen wertvollen Impuls zum Themenfeld der Nachhaltigkeit setzen kann.

Leykam