

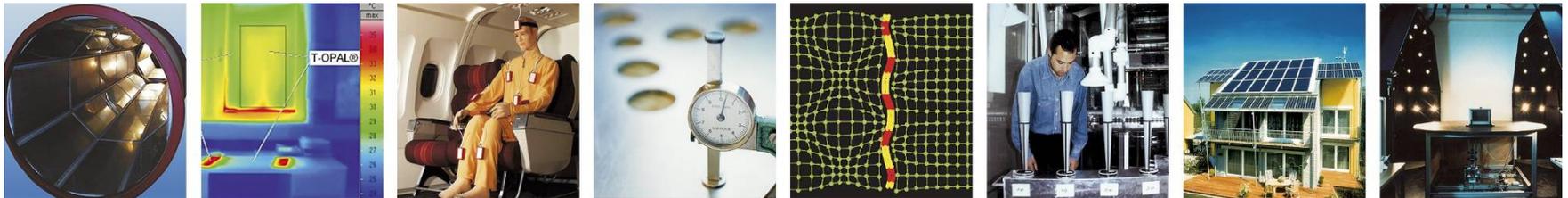
---

# Gutes Klima – gutes Lernen

Gunnar Grün, 16.11.2017, Stuttgart

---

Auf Wissen bauen



© Fraunhofer IBP

# Gesundheit und Wohlbefinden

## Assoziiert mit Innenräumen



Aus der Konstitution der WHO:

- "Health is a state of complete physical, mental, and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity."
- "Whether people are **healthy** or not, is determined by their circumstances and **environment**. To a large extent, factors such as where we live, the state of our environment, genetics, our income and education level, and our relationships with friends and family all have considerable impacts on health, [...]"



Etwa **90%** unserer Lebenszeit verbringen wir in Innenräumen!

→ Environment = **Innenräume!**

# Raumklima

## Aspekte und Maßnahmen



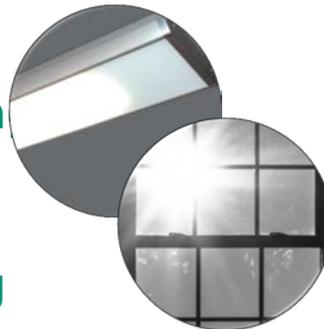
### (Hygro)Thermisch

- Heizung
- Kühlung



### Visuell

- Beleuchtung
- Tageslichtversorgung



### Olfaktorisch

- Fensterlüftung
- mechanische Lüftung



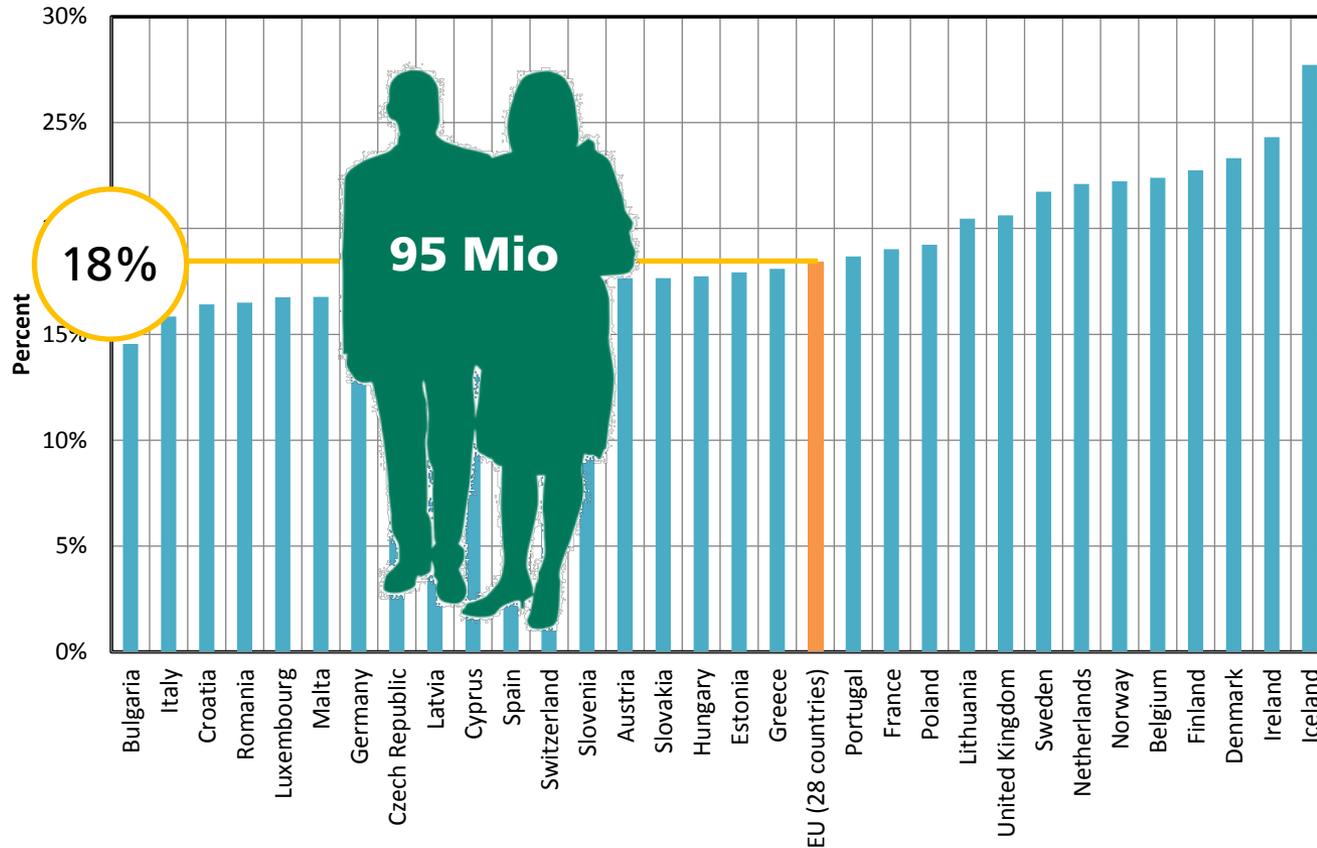
### Akustisch

- Dämpfer
- Absorber



# Anteil Schüler und Studenten in Europa

## Eurostat SILC Datenbank



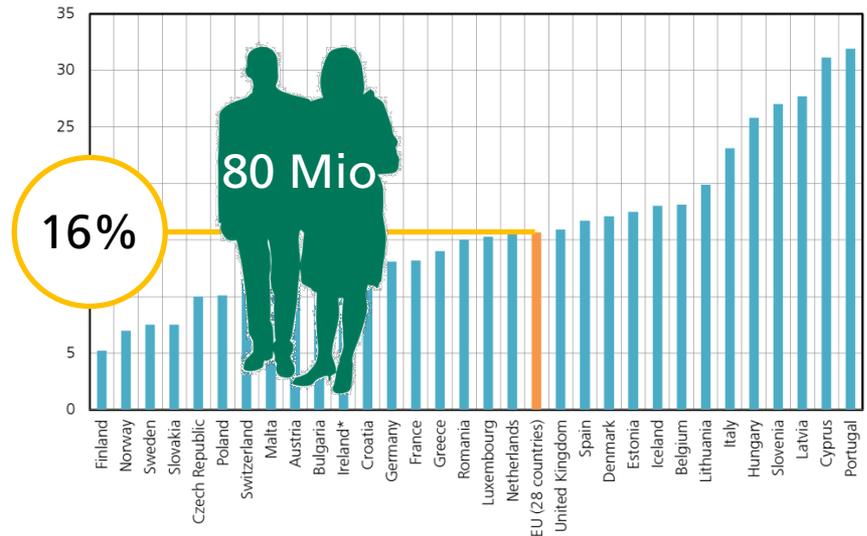
ISCED Levels 1-6  
(Grundschule  
bis Bachelor)

# Allgemein abträgliche Lebensbedingungen

## Eurostat SILC Datenbank

### Feuchte und nasse Wohnungen

- Schimmelpilzbefall (Rel. Feuchte >75% an der befallenen Wand)
- Wahrscheinliche Beeinträchtigung der Atemwege (Asthma, Husten, Bronchitis, etc.)

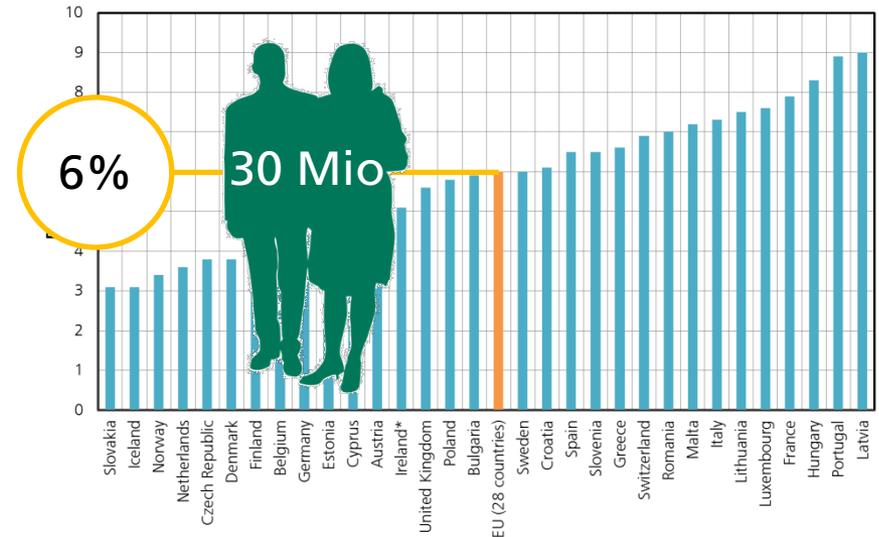


# Allgemein abträgliche Lebensbedingungen

## Eurostat SILC Datenbank

### Zu dunkel bewertete Räume

- Mangel an Tageslicht
- Risiko für Erhöhung depressiver Zustände (Niedergeschlagenheit, Inaktivität, Müdigkeit, etc.)
- Geringere Leistungsfähigkeit

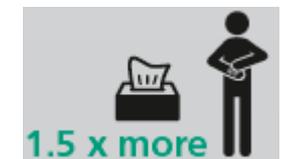


# Einfluss der Lüftungsrate

## Gesundheitssymptome



- Geringe Lüftungsraten in Gebäuden  
→ erhöhtes Risiko für Atemwegserkrankungen
- Die Art der Lüftung (mechanisch oder natürlich) ist nicht Grund für eine gesundheitliche Zuträglichkeit
- Gesundheitssymptome korrelieren jedoch teils signifikant mit der Lüftungsrate:
  - unzureichend niedrige vs. empfohlene Lüftungsraten:  
→ zweimal so hohes Risiko zu Keuchen (OR 2,28) oder zu Husten (2,26)<sup>2)</sup>
  - → etwa anderthalbfach so hohes Risiko allergische Symptome zu entwickeln (OR 1,42)<sup>3)</sup>



1) Dimitroulopoulou, C.: Building and Environment 47 (2012) 109-125.

2) Sun, Y., Zhang, Y., Bao, L., Fan, Z., Sundell, J.: Indoor Air, 21 (2011), p. 277-283.

3) Hägerhed-Engman, L., et al.: Indoor Air, 19 (2009), p. 184-192.

# Einfluss der Lüftungsrate



- In den nordischen Ländern sind Wohnungslüftungsraten von 0,35 bis 0,5 1/h empfohlen.
  - 40-60% der Wohnungen liegen in der Praxis darunter<sup>1)</sup>
- In Schulen werden üblicherweise Lüftungsraten von 8 l/s pro Person empfohlen.
  - 87% der untersuchten Klassenräume erfüllten diesen Standard nicht<sup>2)</sup>
- Für eine gute Luftqualität werden CO<sub>2</sub>-Werte von weniger als 1500 ppm empfohlen.
  - In Schulen werden regelmäßig CO<sub>2</sub>-Werte über 2100 ppm – teilweise auch bis zu 4000 ppm – berichtet.



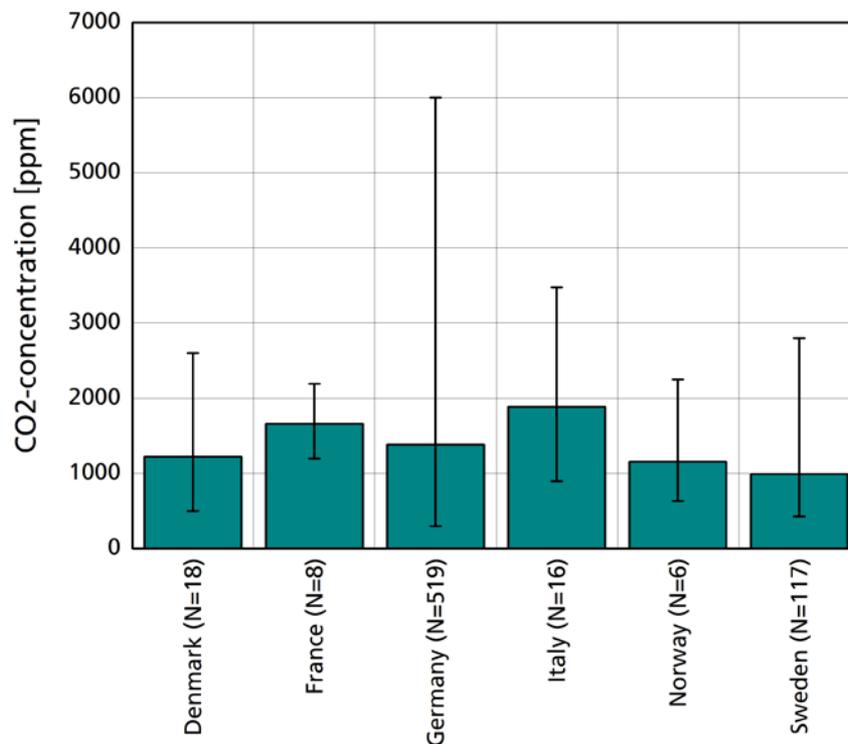
1) Dimitroulopoulou, C.: Building and Environment 47 (2012) 109-125.

2) Haverinen-Shaughnessy, U., et al.: Indoor Air, 21 (2011), p. 121-131.

# CO<sub>2</sub>-Werte in Schulen



Messungen aus 6 Ländern:



Richtwerte der Innenraum-  
lufthygienekommission des  
Umweltbundesamtes:

- < **1000 ppm:**  
hygienisch unbedenklich
- 1000-2000 ppm:**  
hygienisch auffällig  
→ Lüftungsmaßnahme,  
Lüftungsverhalten überprüfen  
und verbessern
- > **2000 ppm:**  
hygienisch inakzeptabel  
→ weitergehende  
Maßnahmen

# Einfluss der Lüftungsrate Lernerfolg in Schulen

Zunahme der Leistung:  
**2.2% - 15%**  
Arbeitsgeschwindigkeit nimmt zu  
(Bako-Biro et al., 2012)

Zunahme der Leistung:  
**3.2% - 7.8%**  
Kein Einfluss auf Fehlerraten  
(Petersen et al., 2015)

Zunahme der Leistung:  
**in 5 von 9 Tests**  
Kein Einfluss auf Fehlerraten  
(Wargocki & Wyon 2007)

Zunahme der Leistung:  
**2,9% Mathematik, 2,7% Lesen**  
(Haverinen-Shaughnessy et al. 2011 ; Shaughnessy et al. 2006)



l/sp = liter per second and person

# Einfluss des CO<sub>2</sub>-Gehaltes Lernfähigkeit in Schulen

Abnahme der Leistung:  
5% geringere  
Konzentration und  
Aufmerksamkeit

(Coley et al., 2007)

Abnahme der Leistung:  
Fehler im  
Konzentrations-  
test

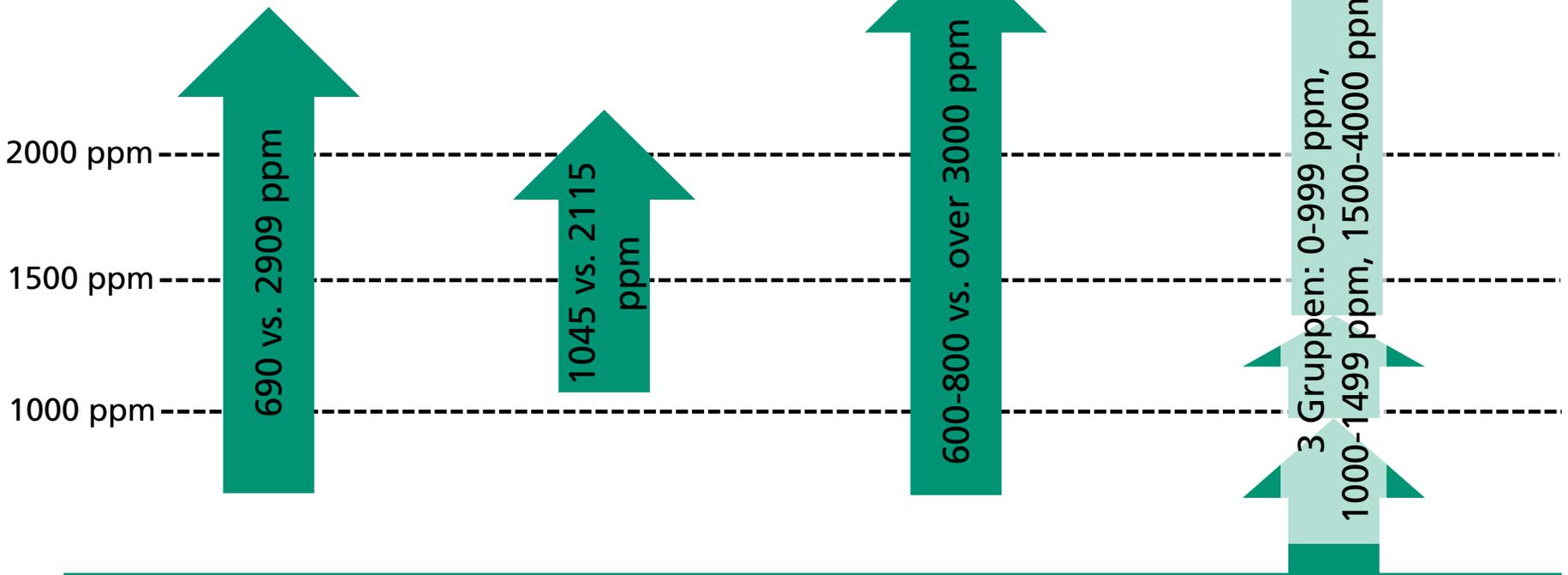
(Twardella et al., 2012)

Abnahme der Leistung  
bei einem  
Konzentrations-  
test (d2)

(Ribic 2008)

Abnahme der Leistung  
in RT-Tests

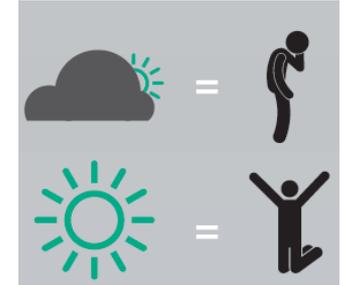
(Myhrvold et al. 1996)



\*RT = reaction times of the tasks  
PPM-values are means or medians

# Einfluss zu geringer Tageslichtverfügbarkeit

## Lernfähigkeit in Schulen



Schüler in Räumen mit der höchsten Tageslichtverfügbarkeit zeigten eine

- 15-20% schnellere Lernfähigkeit in Mathematik
- 23-26% schnellere Lernfähigkeit in Lesen

Als die Schüler mit der geringsten.<sup>1)</sup>

Angebot von Tageslicht über ein skylight:

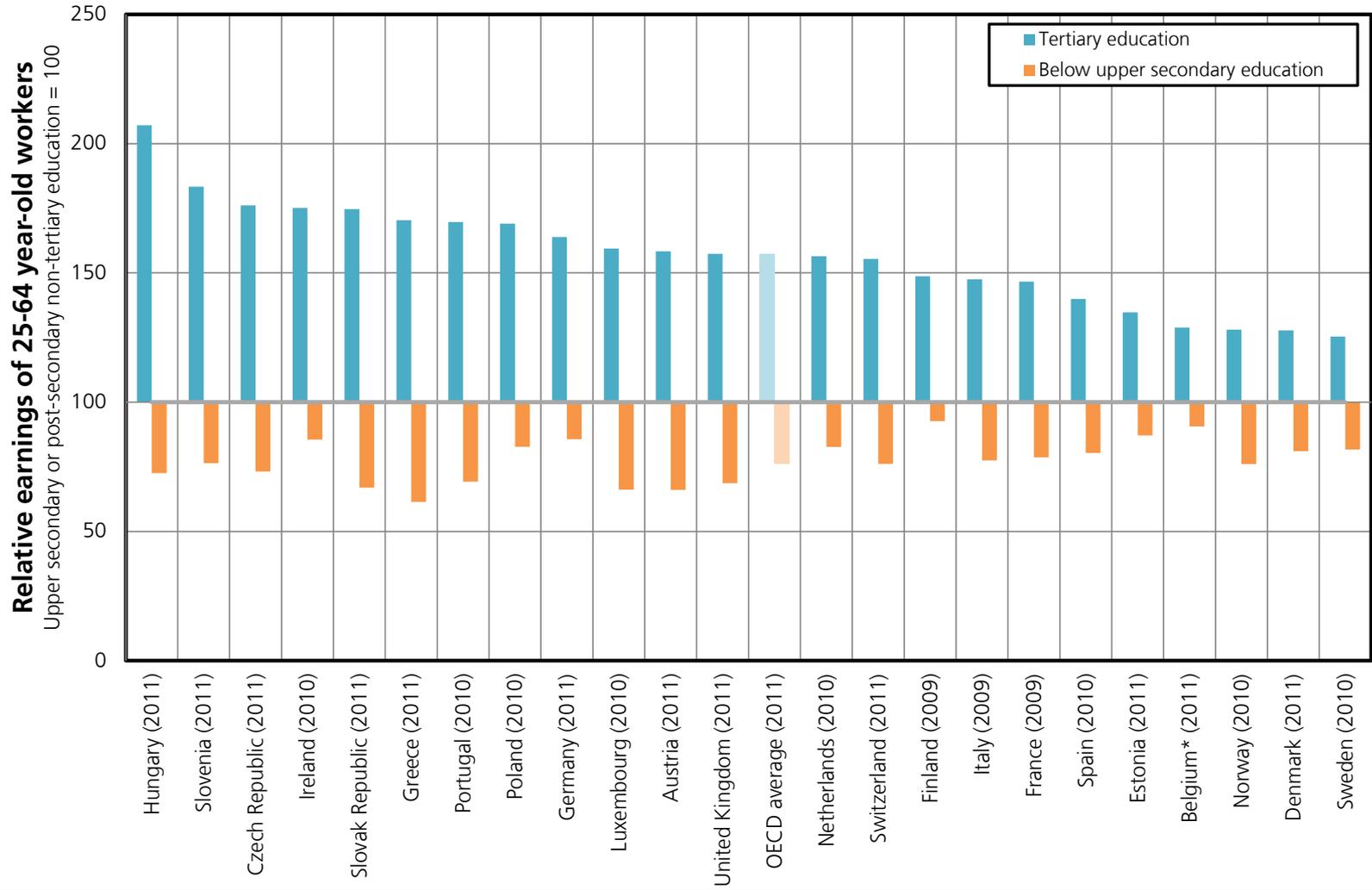
- assoziiert mit 19-20% Leistungsverbesserung

Öffenbare Fenster:

- Assoziiert mit 7-8% schnellerem Fortschritt

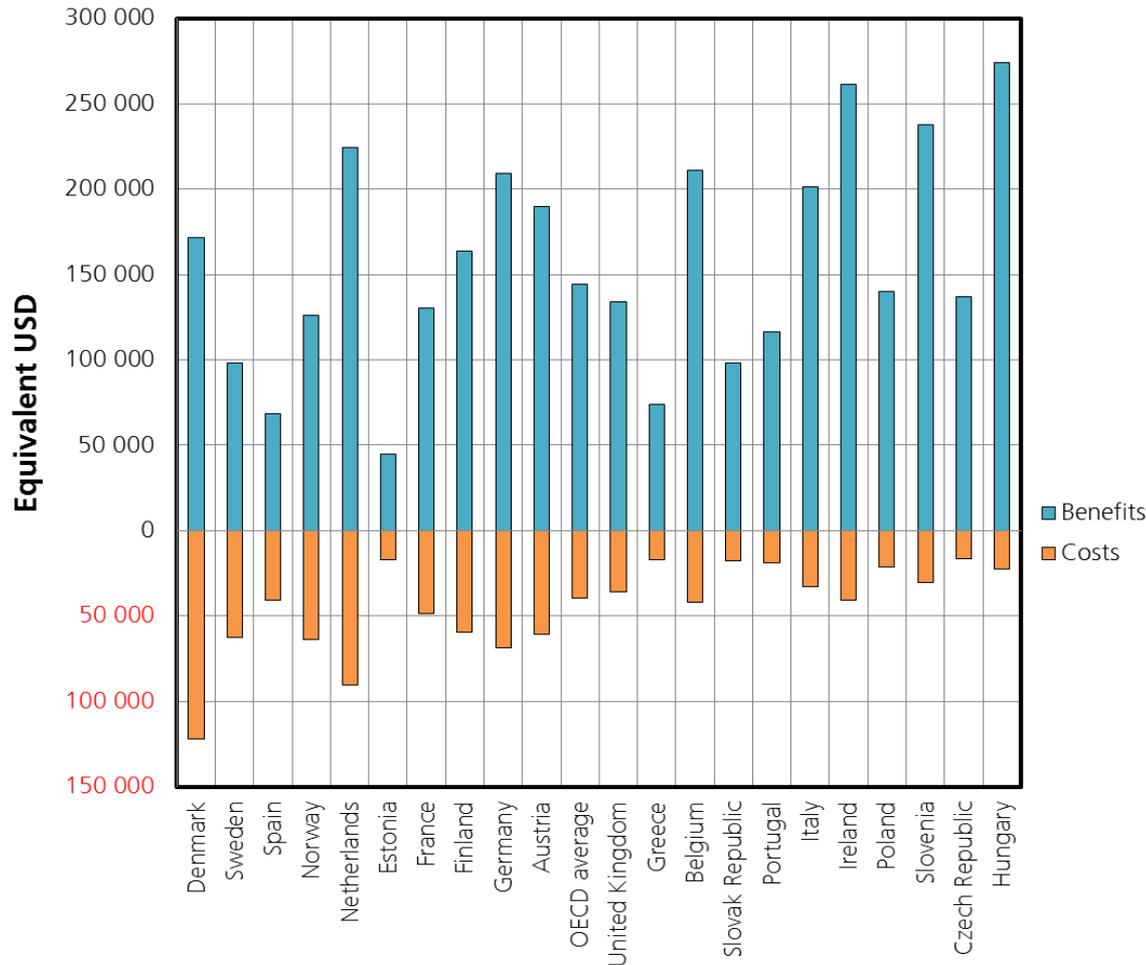
1) L. Hescong / Report HMG-R-9803 (21.7.1999)

# Private relative Verdienste durch höhere Bildung



Source: Education at a Glance 2013 - © OECD 2013

# Öffentliche Kosten und Gewinne von höherer Bildung

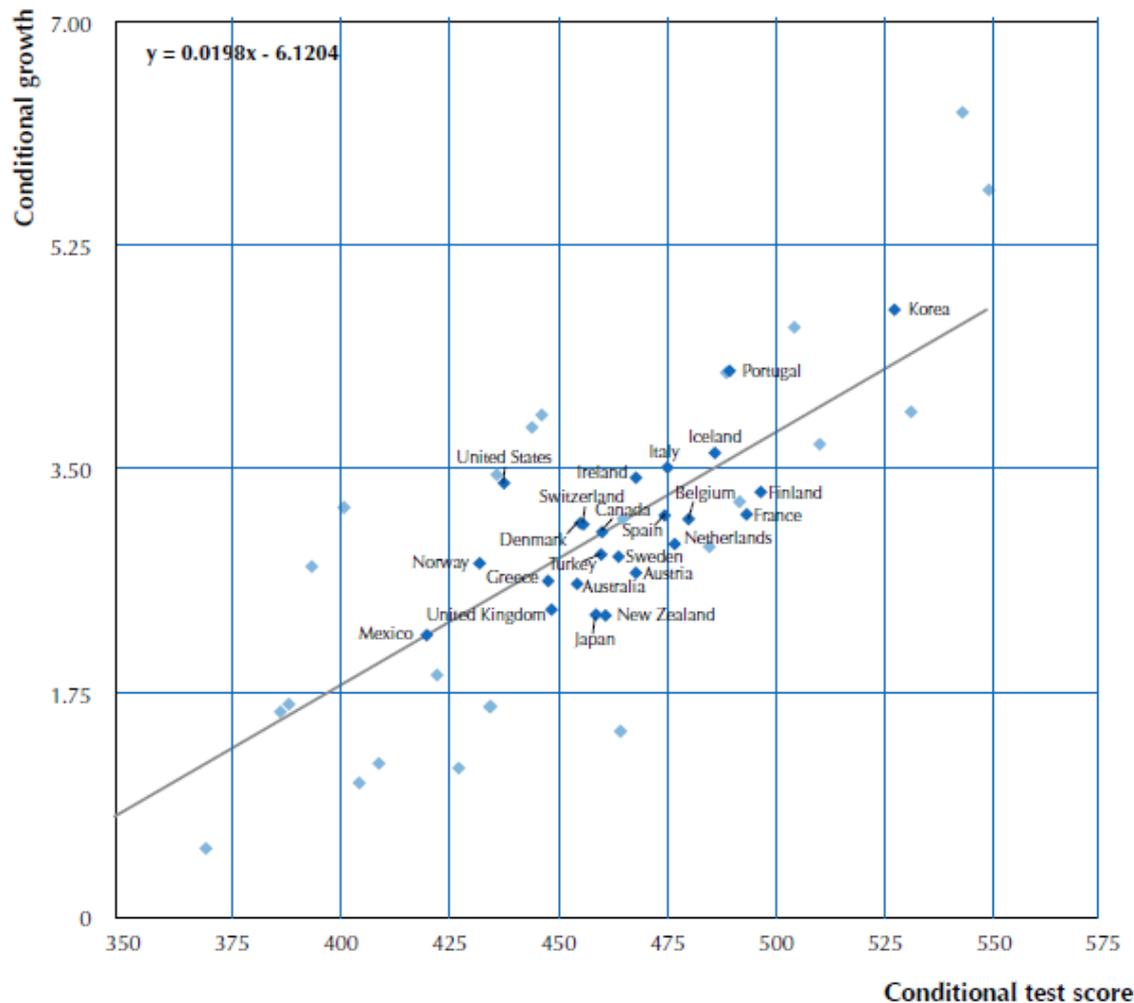


Öffentliche Kosten und Gewinne für Männer, welche eine Tertiärbildung haben (2009) verglichen mit denen mit höherer Sekundärbildung

- ➔ **Gewinne übersteigen Kosten mindestens um den Faktor 1,5**
- ➔ **Bessere Bildung lohnt sich! (auch für die öffentliche Hand)**

Source: Education at a Glance 2013 - © OECD 2013

# Schulische Leistung und Wirtschaftswachstum



Mittlerer PISA-score (math & science) in Europa:

- Finnland 532 (= max)
- Dänemark 499 (= median)
- Zypern 439 (= min)

**Annahme: Steigerung der Leistungsfähigkeit um 2,8% durch bessere Lüftung**

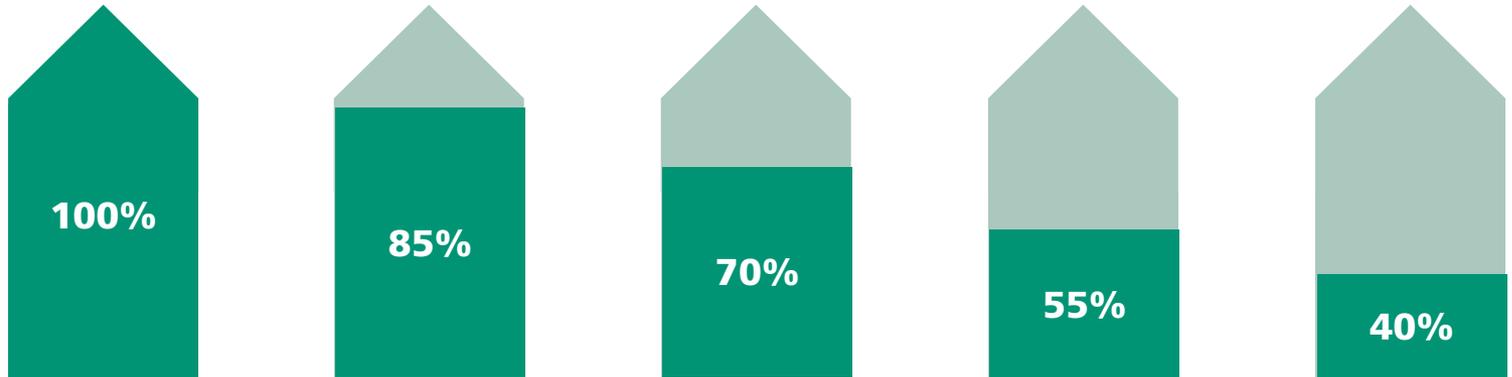
**→ Verbesserung des bedingten Wachstums um 6,7% bis 9,5% in Europa.**

- Finnland 4,4% → 4,7%
- Dänemark 3,7% → 4,0%
- Zypern 2,5% → 2,8%

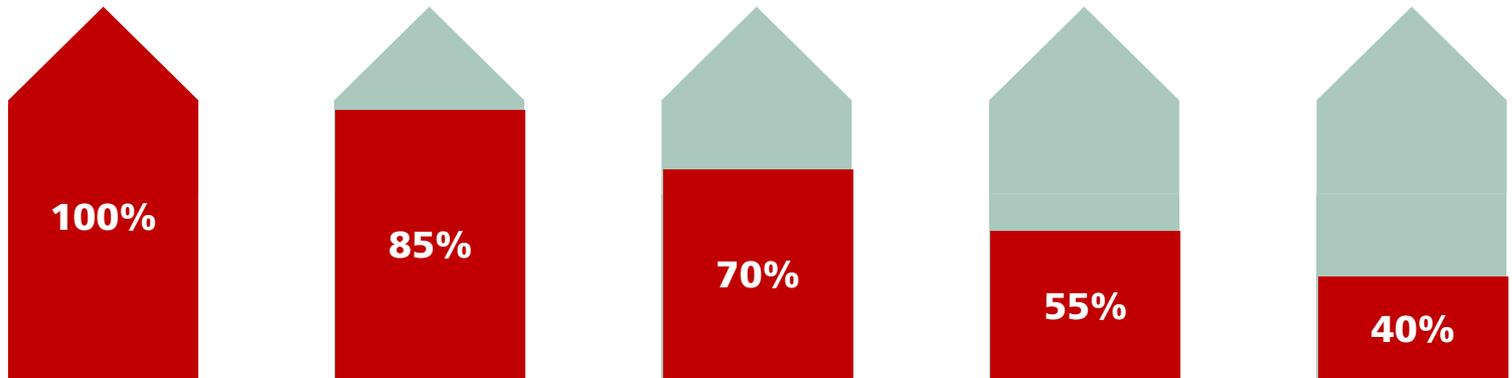
Source:  
OECD (2010) The High Cost of Low Educational Performance

# Bauen für die Bildung

Energieeffizienz:

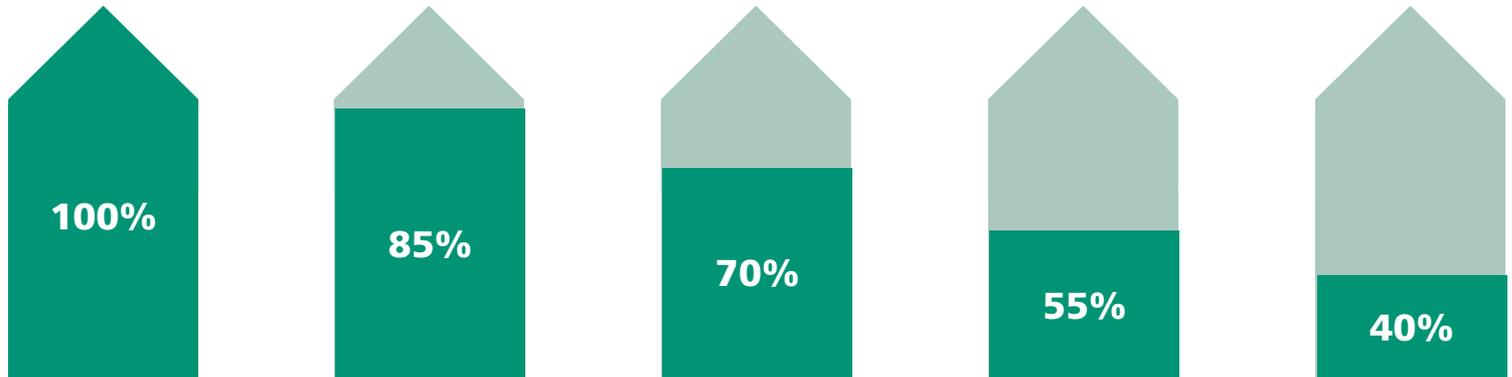


→ Gesundheit, Komfort, Leistungsfähigkeit, ... ?

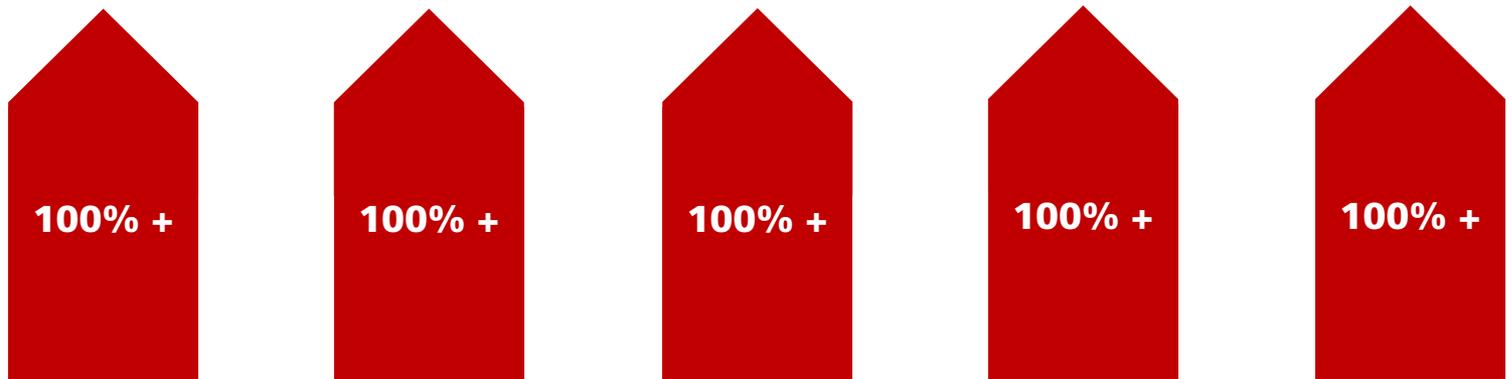


# Bauen für die Bildung

Energieeffizienz:



→ Gesundheit, Komfort, Leistungsfähigkeit, ... !



# Vielen Dank für Ihr Aufmerksamkeit!

## **Kontakt**

Prof. Dr.-Ing. Gunnar Grün

Abteilung Energieeffizienz und Raumklima

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Fraunhoferstr. 10 | 83626 Valley

Tel: +49 8024 643-228

[gunnar.gruen@ibp.fraunhofer.de](mailto:gunnar.gruen@ibp.fraunhofer.de)

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)