

# **Analyse subjektiver Erhebungsdaten einer Licht- und Raumklimastudie in einer Bildungseinrichtung**

## **4. Workshop Energieeffiziente Schulen**

**Ort:** Europa-Schule Gymnasium Reutershagen, Rostock

**Datum:** 14.06.2016

**Referent:** Dr. Manuel H. Winkler

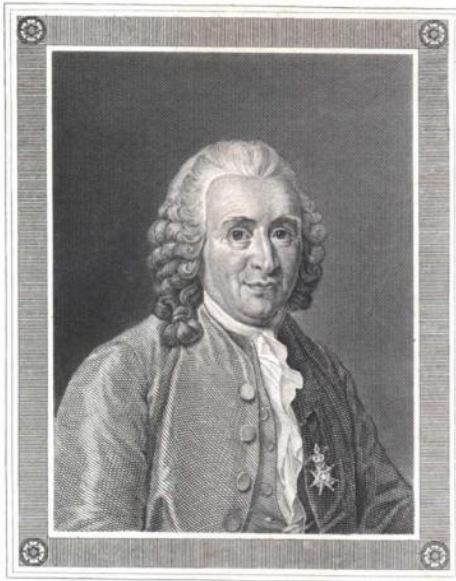
# Agenda

1. Einführung in Thema „*Licht und Gesundheit vs. Raumklima?*“
2. Methodische Vorgehensweise
3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

# Einführung in Thema

*Licht und Gesundheit vs. Raumklima?  
in Bildungseinrichtungen*

# Chronobiologie und Licht



LINNÉ

Carl von Linné,  
Pionier der Botanik, 1707-1778

Scientist: Linné, Carl von (1707 - 1778)  
Print Artist: Christian Barth, 1842-1892



Carl von Linné beschrieb 1745 die  
Blumenuhr und postulierte:

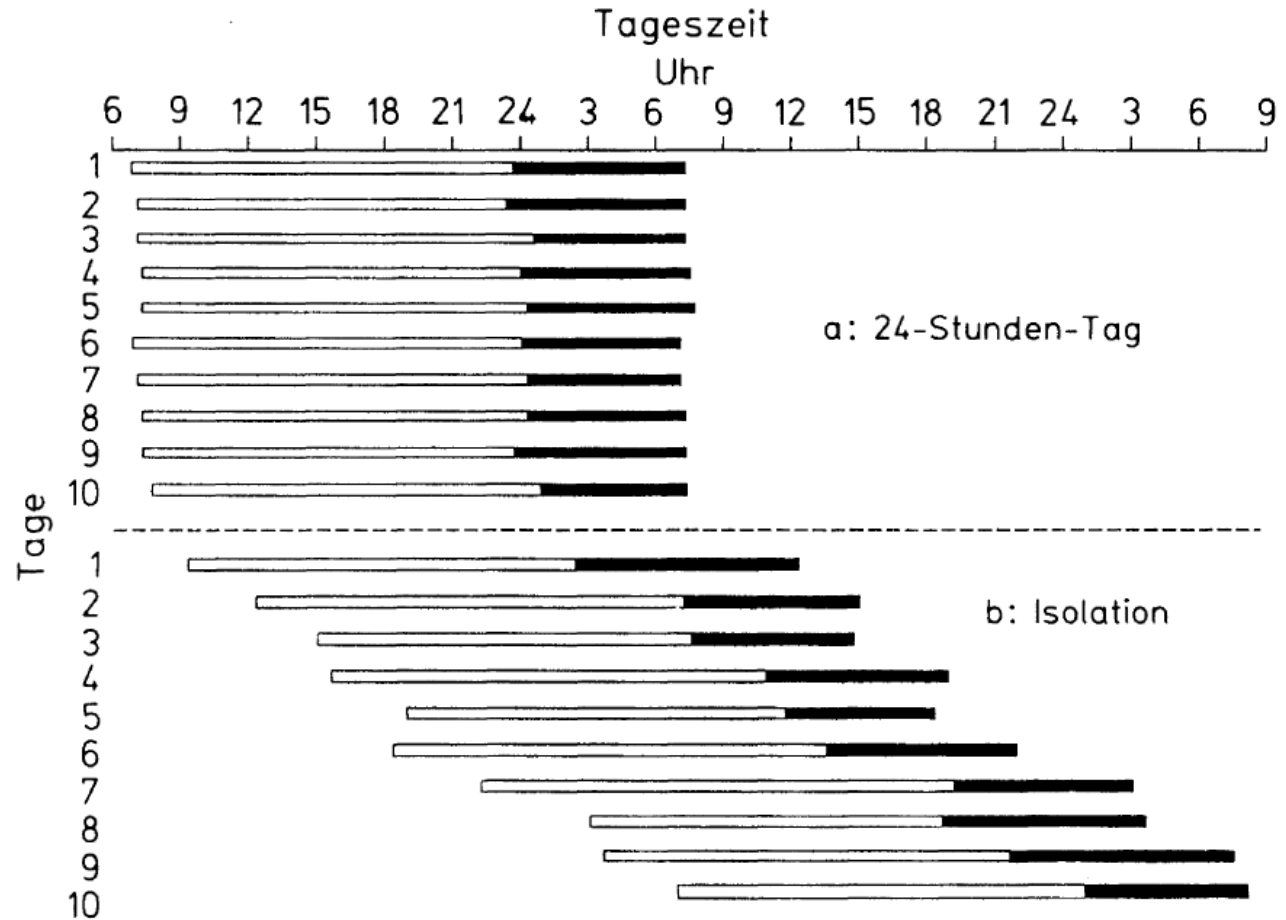
Bestimmte Pflanzenarten blühen  
nur zu einer bestimmten Tageszeit,  
es gibt einen circadianen Rhythmus.



Ab 1960: Bunkerversuche von Andechs, von Jürgen Aschoff  
Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie

# Schlaf und Chronobiologie

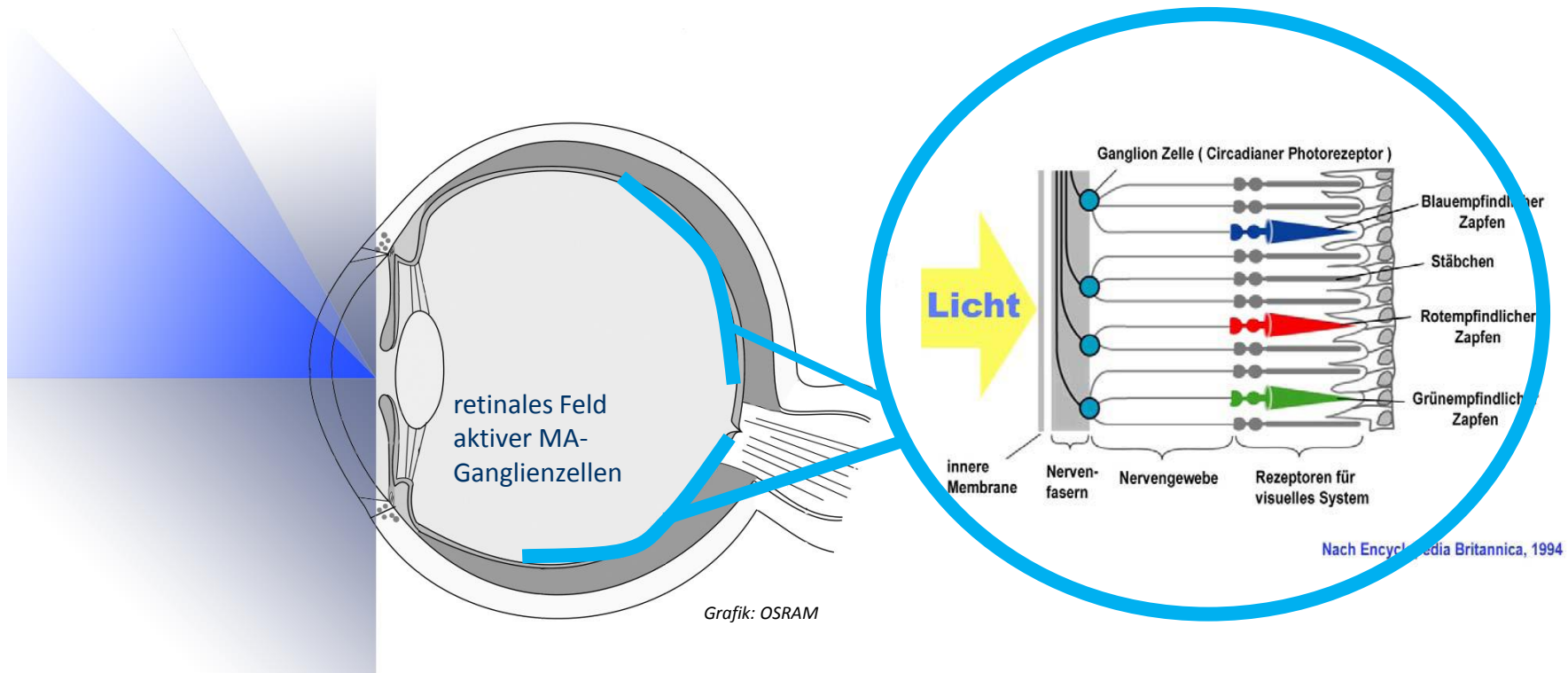
1990, pp 38-44



**Abb. 1 a, b.** Aufeinanderfolgende Tage (*untereinandergezeichnet*) einer Versuchsperson. **a** Im normalen 24-h-Tag und **b** unter Isolationsbedingungen mit einer freilaufenden zirkadianen Periodik (*offene Balken* Wachzeit, *schwarze Balken* Schlafzeit). Die Verlängerung des Schlaf-Wach-Rhythmus zeigt sich in der Verschiebung der Schlaf-Wach-Balken. (Daten aus [11])

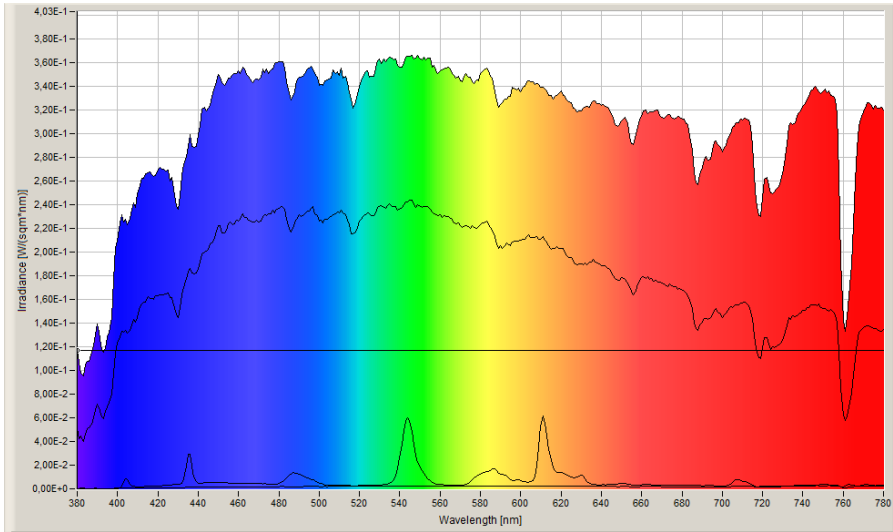
# Entdeckung eines neuen Rezeptors im Jahre 2001

## Neuer Rezeptor in der Retina moduliert nichtvisuelle biologische Effekte über das Auge

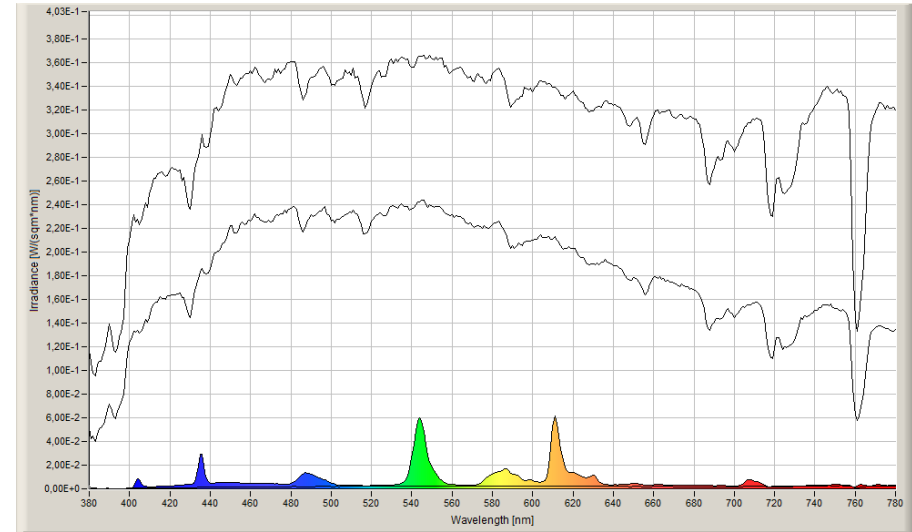


■ ipRGC's = intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cells

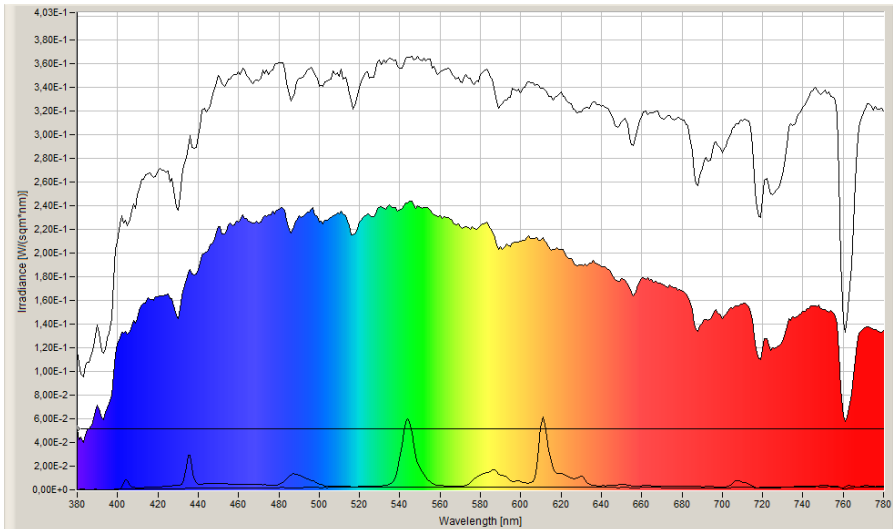
# Eigene Messungen zur Verdeutlichung einer Tatsache



Blick durch geöffnetes Fenster, 14 Uhr



Blick in Büro, Leuchtstofflampen an



Blick durch geschlossenes Fenster, 14 Uhr



Eingesetzte Messtechnik

Neueste Studien belegen:

**„Alle Väter und Mütter wissen,  
dass die Gesundheit ihrer Kinder  
durchschnittlich häufige Störungen  
zu erleiden beginnt,  
sobald sie anfangen,  
die öffentlichen Schulen  
zu besuchen.**

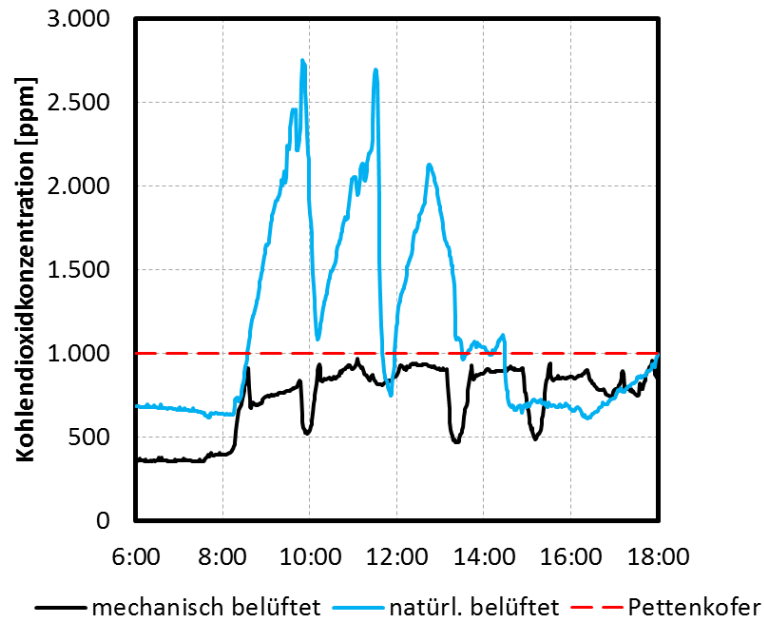
**Wenn sie sich  
in den Ferien wieder erholt  
und wieder ein  
blühendes Aussehen  
gewonnen haben,  
so bleichen sie bald wieder ab  
und kränkeln häufiger,  
wenn die Schule  
wieder beginnt.“**

Dr. Max Pettenkofer (1857)

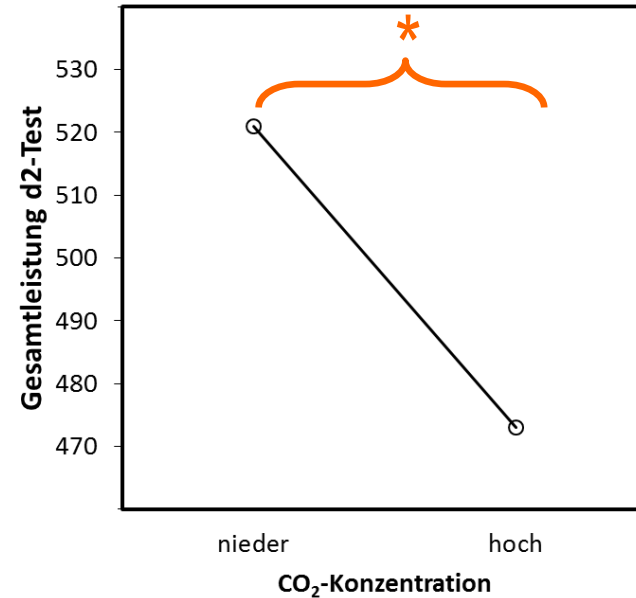


# Das Raumklima wirkt auf den Menschen: *Einfluss des Kohlendioxids*

Quelle: Eigene Messungen



Quelle: Ribic, 2007



	CO <sub>2</sub> - nieder		CO <sub>2</sub> - hoch	
	[ppm]	SD	[ppm]	SD
Studie 1	868	145	3292	525
Studie 2	876	96	4318	69

# Empirische Lichtstudien in Bildungseinrichtungen

	Art der Beleuchtung	Jahres-/ Tageszeit	Tageslichteinfluss beachtet?	Raumtemp beachtet?	CO <sub>2</sub> beachtet?
Küller & Lindsten 1992	Leuchtstoffröhren statisch (3.000 vs 5.500 K)	Sep, Dez, Feb, Mai <b>morgens</b>	horiz. Bel.stärke (200 bis 6950 lx)	20,5 bis 32 °C	<b>Nein</b>
Rautkylä et al. 2010	Leuchtstoffröhren 4.000 vs 14.000 K	Frühling (9:15 - 10:45 / 12:15 - 13:45) Herbst (8:15 - 9:45 / 14:15 - 15:45)	Hörsaal ohne Fenster	20 bis 22 °C	"nie über 800 ppm"
Slegers et al. 2012	Leuchtstoffröhren 3.000 K stat. vs. 2.900, 6.500, 12.000 K	Jan, Feb <b>10:00</b> (Studie 2)	"Bewölkte Testtage"	20,4 bis 20,0 °C	1.024 bis 1.208 ppm
Wessolowski 2014	Leuchtstoffröhren 4.000 K stat. vs 3.500, 5.800 K	Dez, Feb, April, Mai <b>8:00 bis 10:00</b>	Einmalig vor dem Test gemessen	Einmalig vor dem Test gemessen	<b>Nein</b>
Keis et al. 2014	LED statisch 3.000 bis 4.000 vs 5.500 K vert.!	Nov, Dez <b>7:20 bis 9:00</b>	k. A.	k. A.	<b>k. A.</b>

# Methodische Vorgehensweise

Ziel:

Nachweis der Wirksamkeit von **blau angereichertem, dynamischen** LED Licht auf Aufmerksamkeit von Studierenden in einer Feldsituation

# Art der Daten (-erhebung)

---

---

## Beschreibung Testsetting

---

Quasi-experimentell

nicht randomisierte Klumpenstichprobe

Übertragbar auf: Akademiker zw. 20 und 35 Jahren

## Kontrollvariablen:

---

Kunstlichtsetting

Kohlendioxidkonzentration

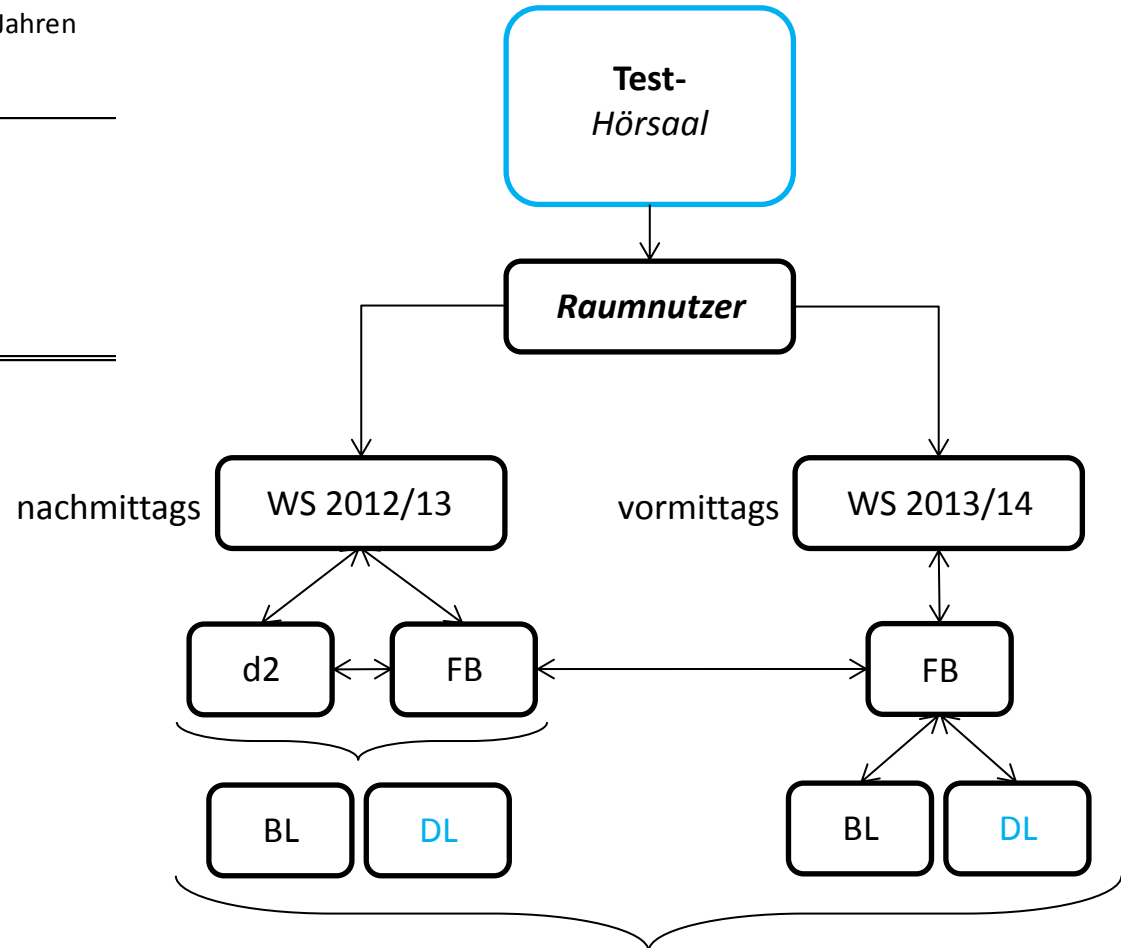
Bildungsgrad

Alter

Geschlecht

---

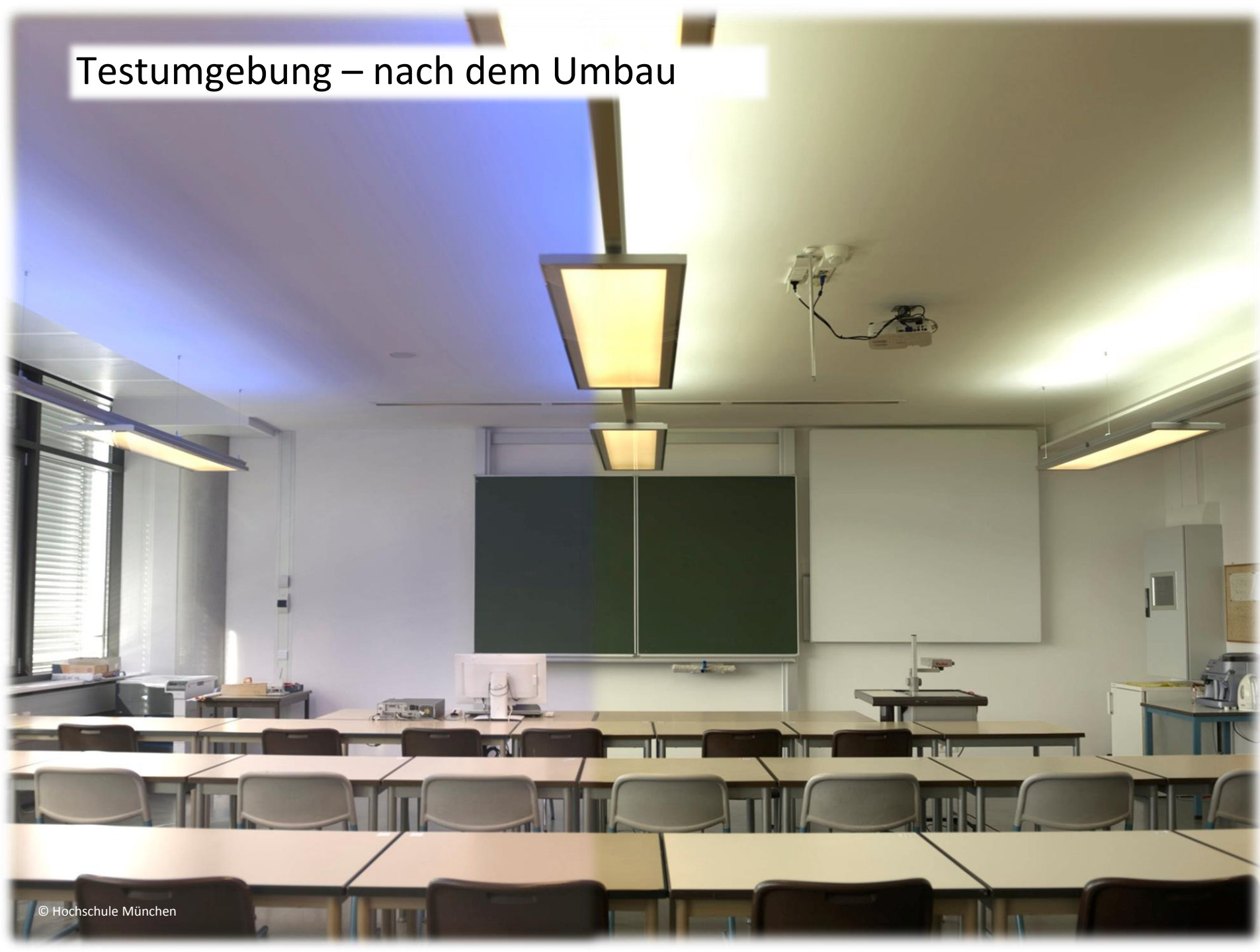
---



**Hypothesis:** Bei optimalem Raumklima beeinflusst blau angereichertes Licht die Aufmerksamkeit positiv

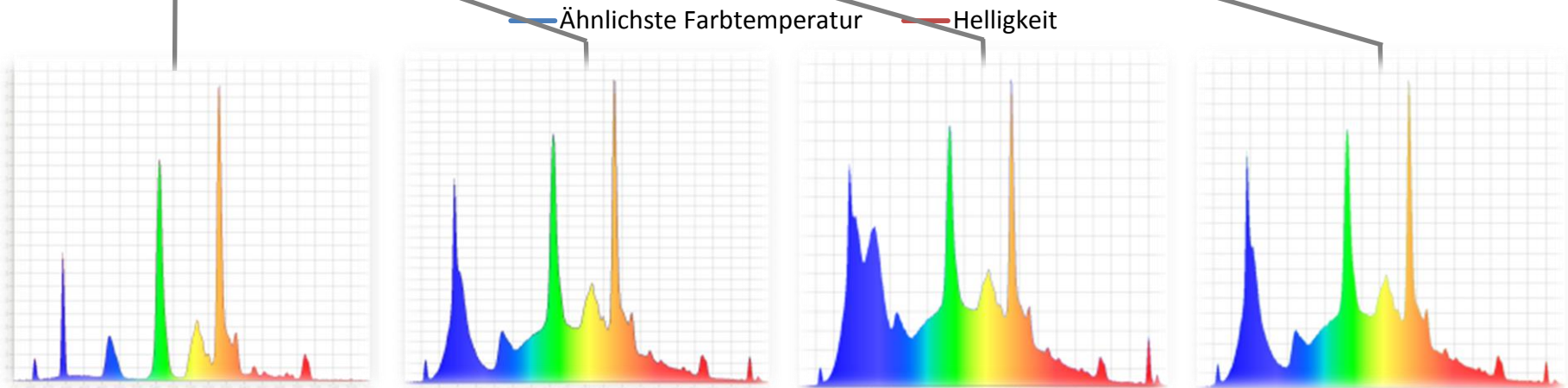
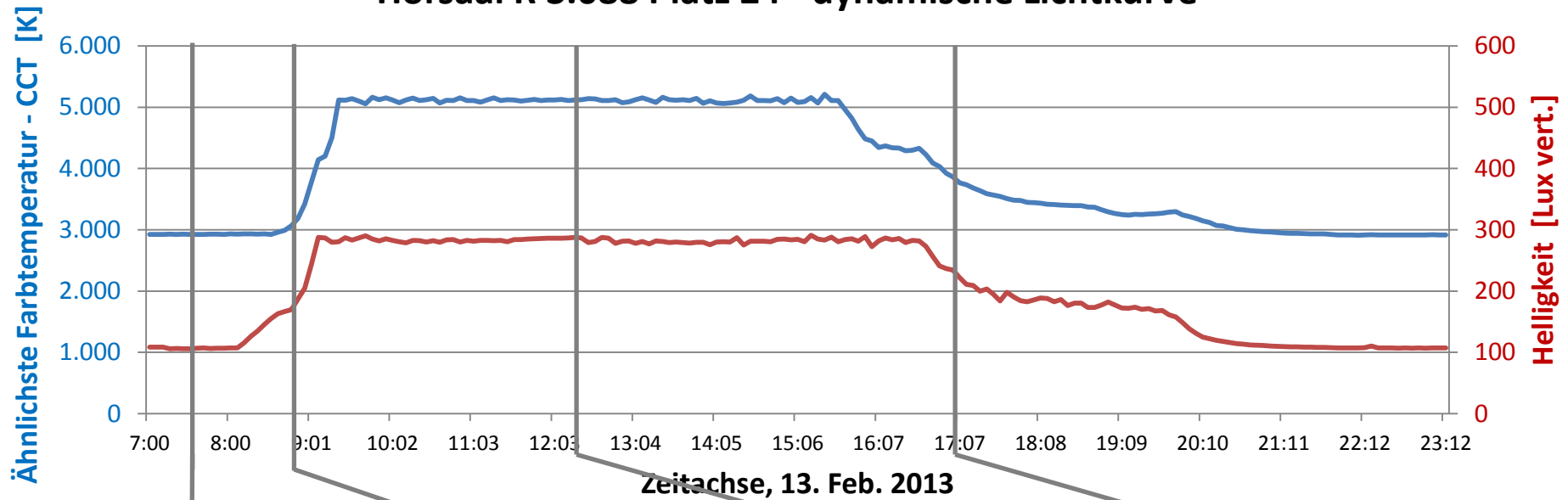
Vergleich sozialwissenschaftlich-psychologischen mit physikalischen Messdaten

# Testumgebung – nach dem Umbau



# Dynamische Änderung des Lichtverlaufs im Testhörsaal

## Hörsaal R 3.088 Platz 24 - dynamische Lichtkurve



Gemessen mit: Jeti Spectro-Radiometer spechbos 1211

## Wesentliche Forschungsfragen /-hypothesen

Besteht ein **tageszeitlicher** Unterschied in der messbaren Aufmerksamkeit?

$$H_0: F_{vormittags} = F_{nachmittags}$$

Hat **blau angereichertes dynamisches** Kunstlicht in einer Feldsituation *messbaren* Einfluss auf die Aufmerksamkeit von Studierenden?

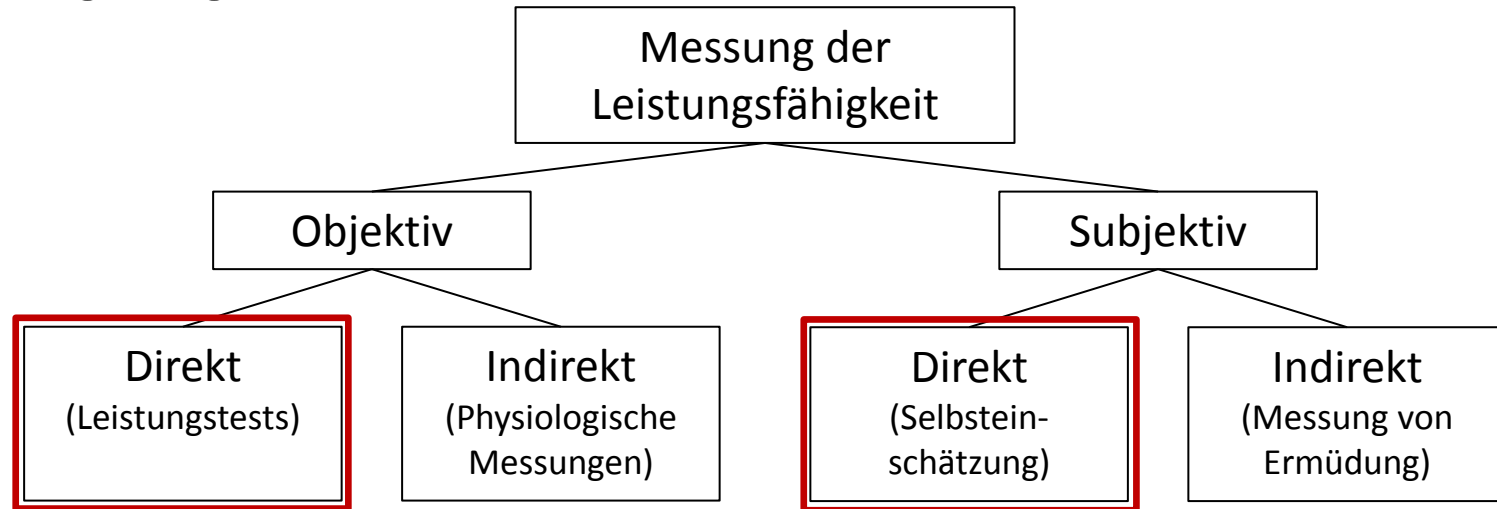
$$H_0: \mu_{dynamisch} = \mu_{statisch}$$

Gibt es gebäudetechnische oder ingenieurwissenschaftliche Gründe für die bis dato nur knapp signifikanten Ergebnisse aktueller Lichtstudien?



# Ergebnisse und Schlussfolgerungen

# Leistungsfähigkeit messen?



Quelle: Urlaub et al. 2010

Frage	Optionen (5 stufige Likert Skalen)	Vergleich von Vormittagsgruppe (WS 2013/14) zu Nachmittagsgruppe (WS 2012/13) p- Werte
Momentan bin ich... erfrischt	völlig, ..., gar nicht	<b>0,00121**</b>
Momentan bin ich... leistungsfähig	völlig, ..., gar nicht	<b>0,00004**</b>
Momentan bin ich... leistungsmotiviert	völlig, ..., gar nicht	<b>0,00329**</b>
Momentan bin ich... konzentrationsfähig	völlig, ..., gar nicht	<b>0,00157**</b>

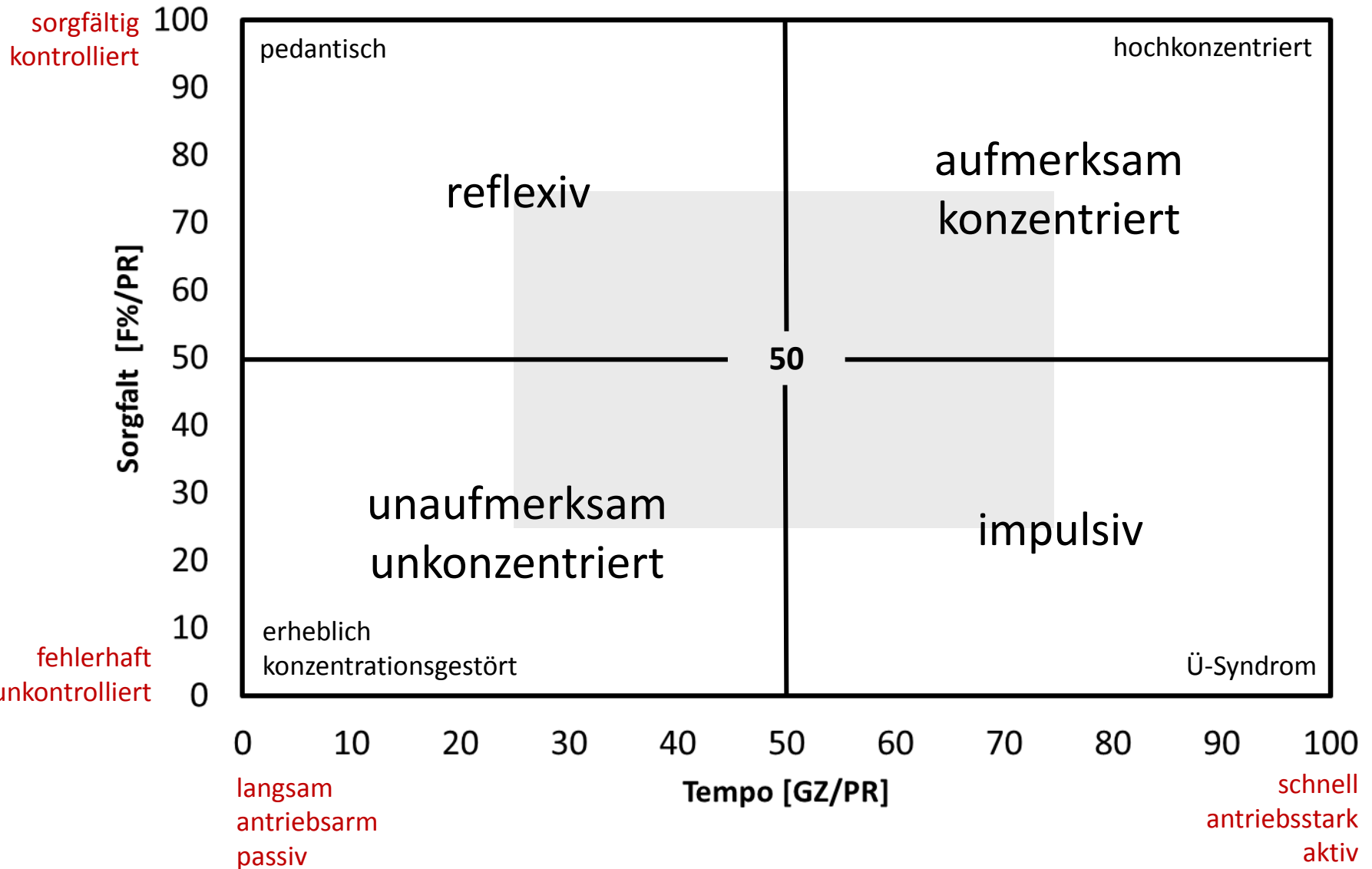
\* p-Wert < 0,05 = signifikanter Unterschied

\*\* p-Wert < 0,01 = hoch signifikanter Unterschied

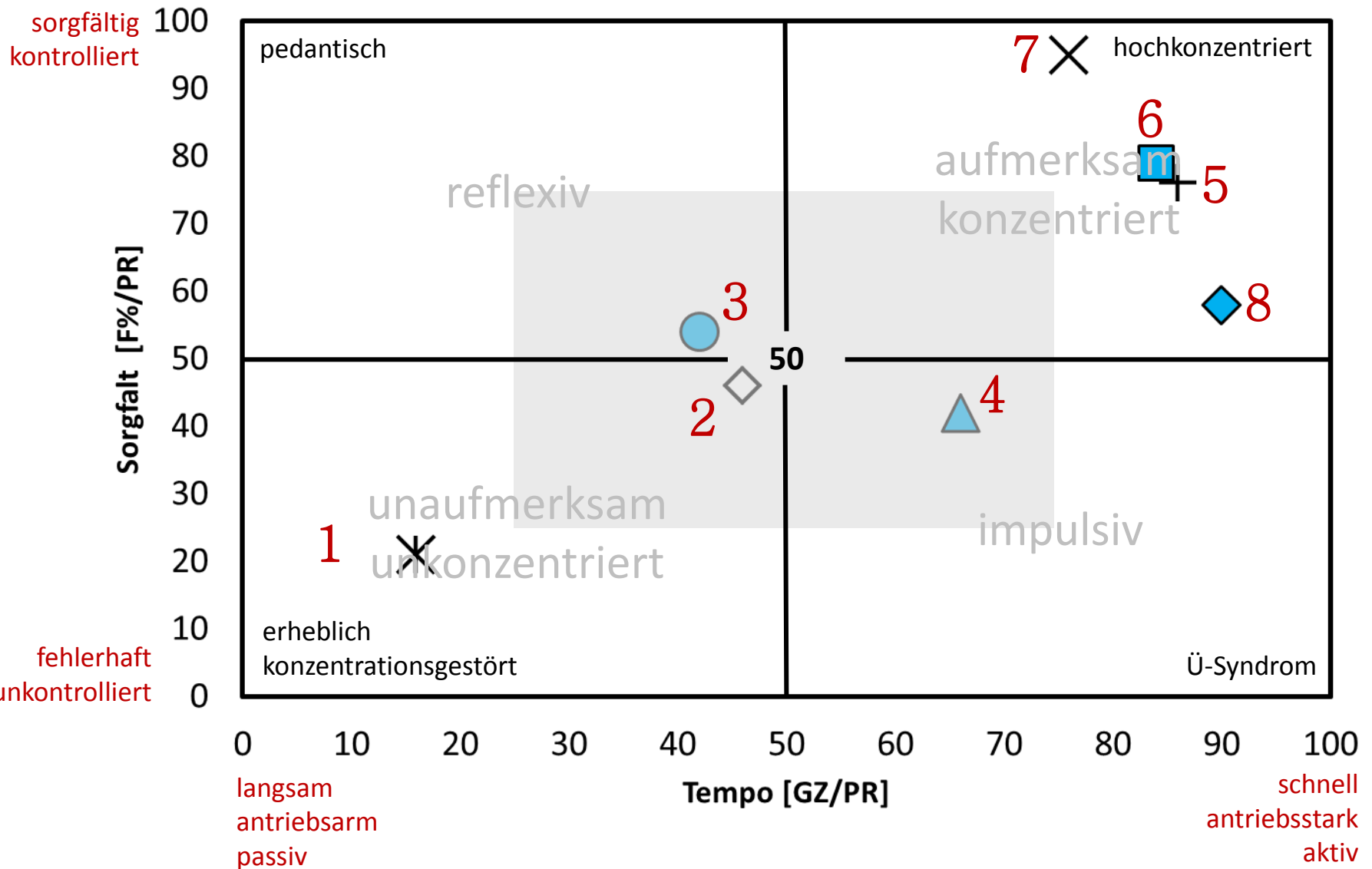
Signifikanzniveaueinpassung nach Bonferroni durchgeführt

Signifikanter Einfluss der Tageszeit auf *direkt subjektiv* gemessene Leistungsfähigkeit

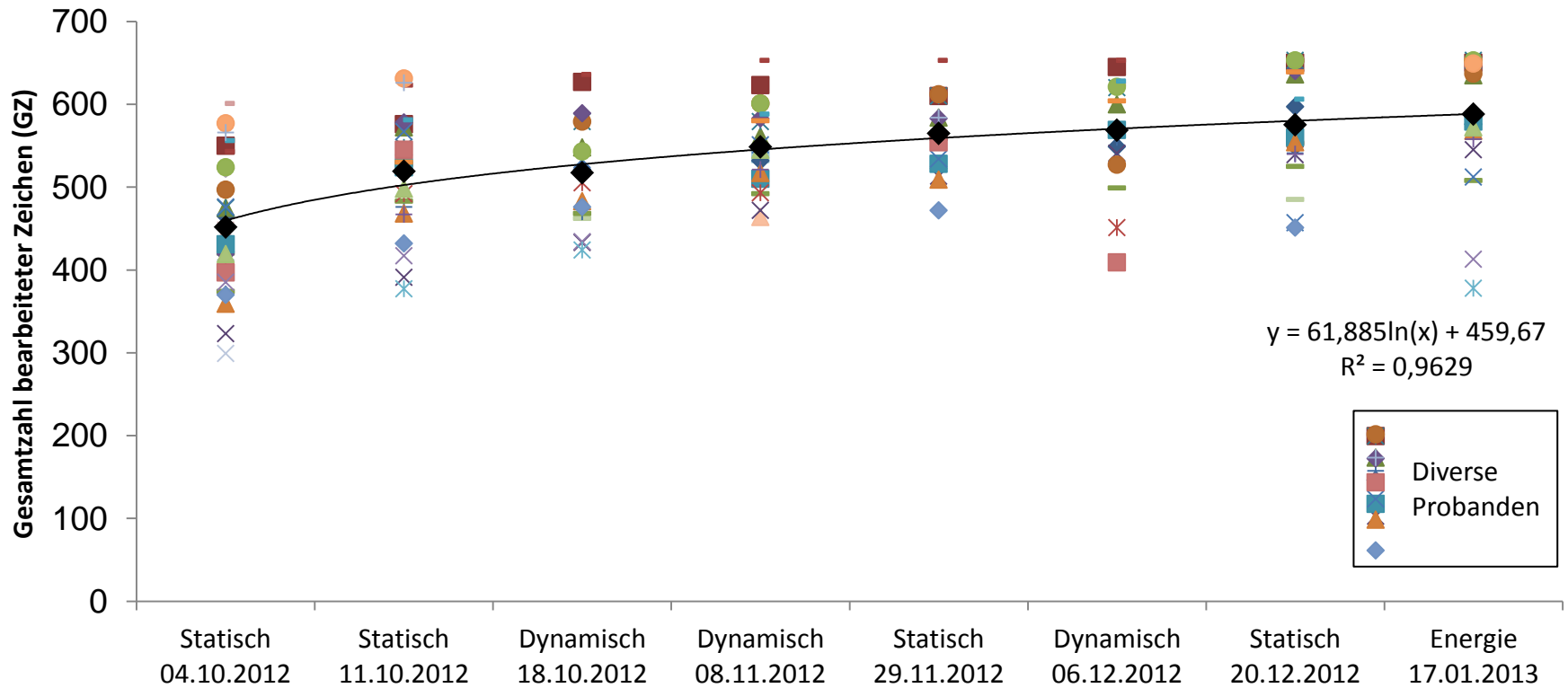
# Objektive Messung: Auswerteschema d2-Test



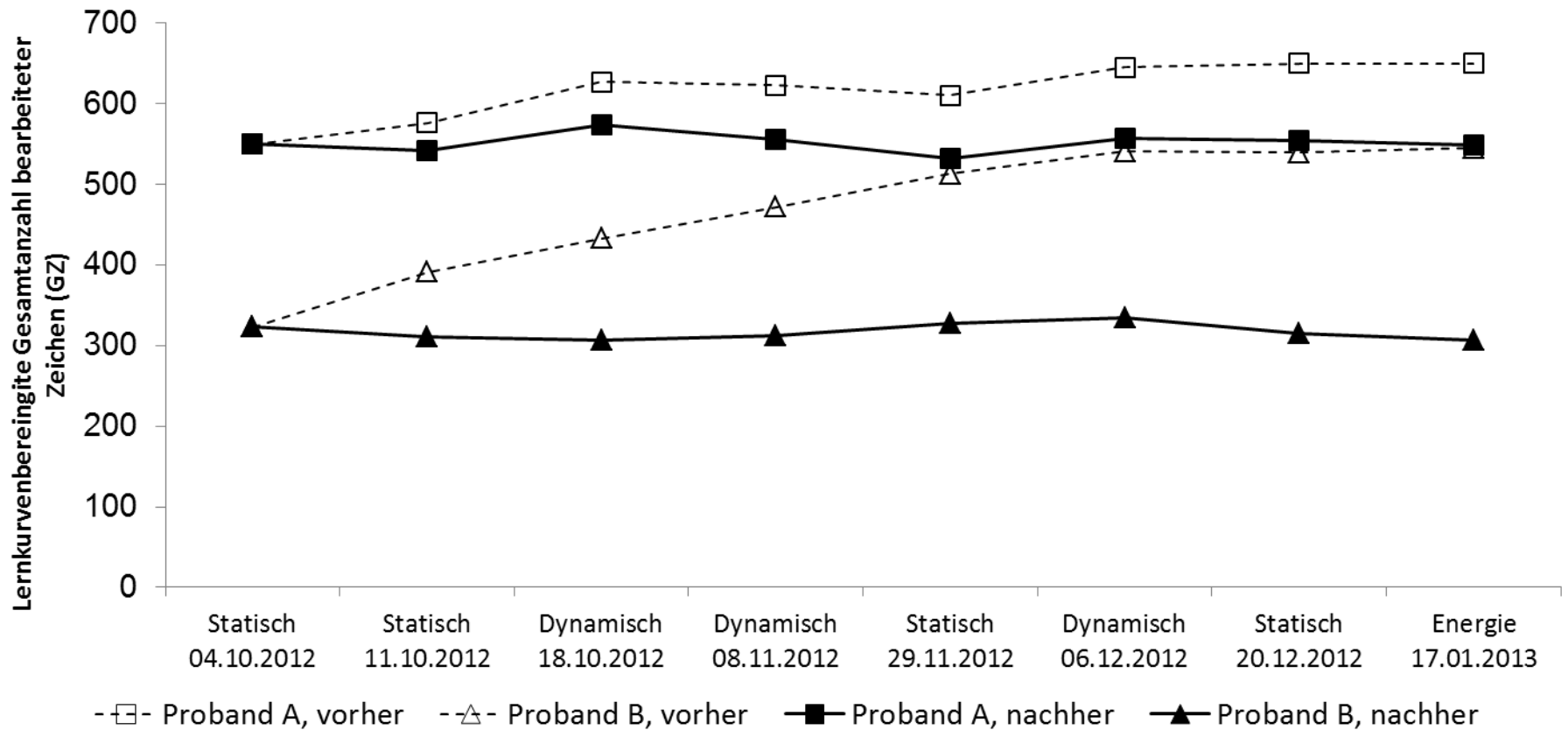
# Objektive Messung: Auswerteschema d2-Test



# Objektive Messung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)



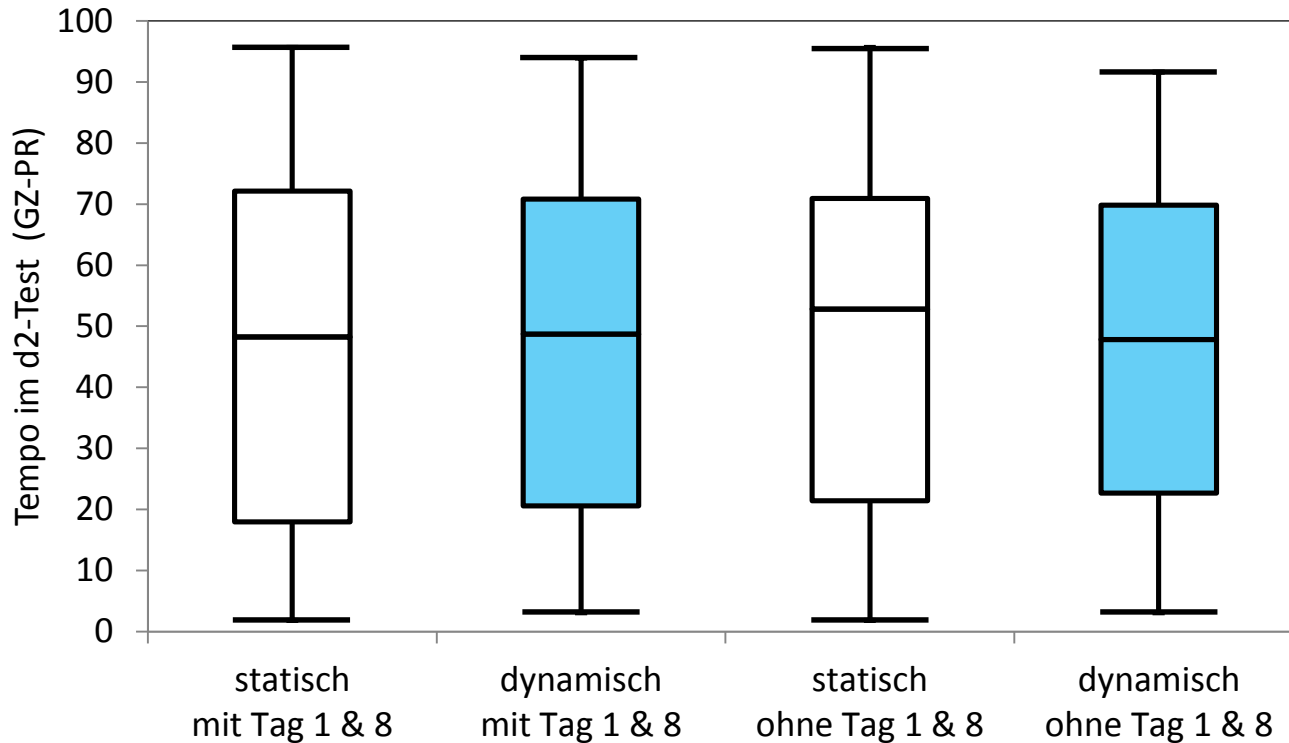
# Objektive Messung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)



# Statistische Auswertung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)

Globalhypothese: **Blau angereichertes Licht verbessert die objektiv messbare Aufmerksamkeit**

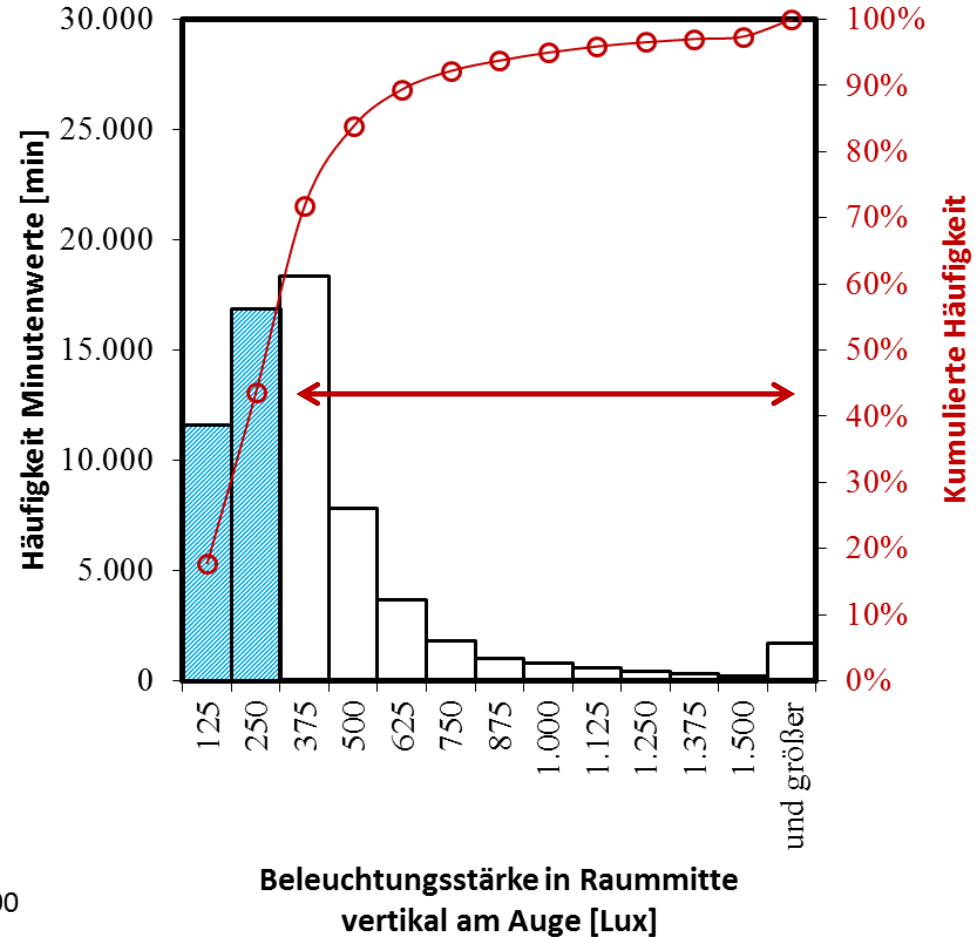
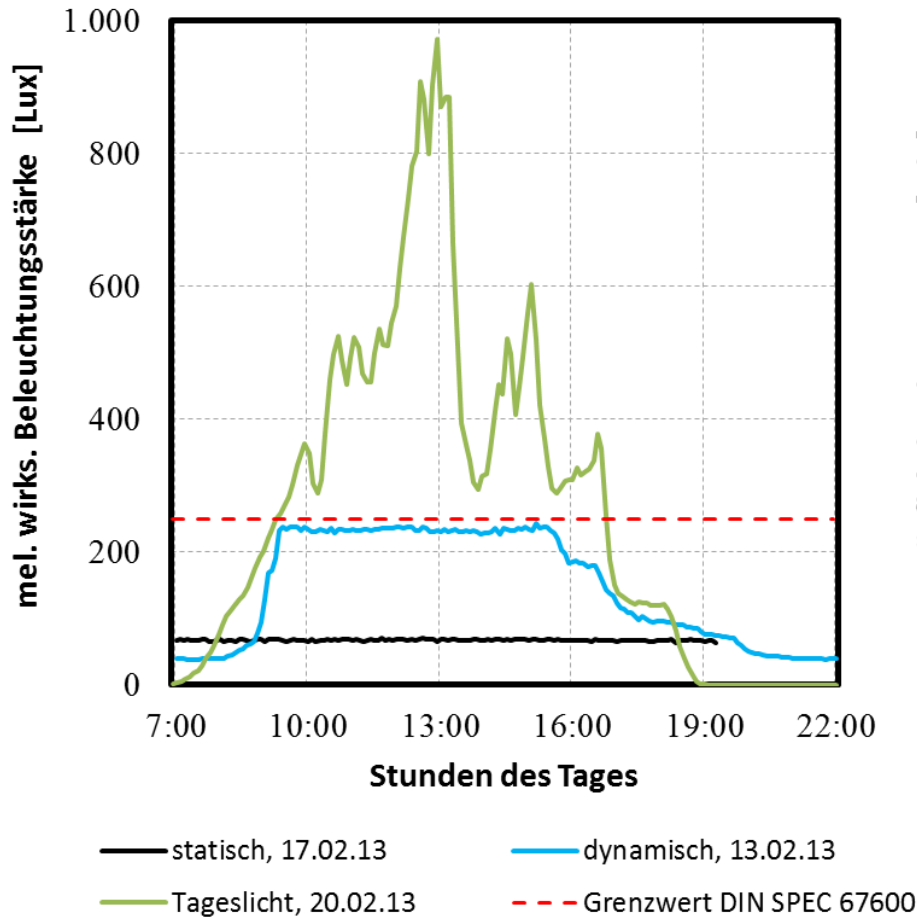
Verfahren: klassischer t-Test



Ergebnis: **p = 0,865 → n. s.** (Signifikanzniveau:  $p = 0,05$ )

Kein Einfluss des Lichtes auf *direkt objektiv* gemessene Leistungsfähigkeit

# Mögliche ingenieurwissenschaftliche Erklärung der Testergebnisse



Bis zu 300 % größerer Einfluss des Tageslichtes

Ca. 60 % der Nutzungszeit Tageslichteinfluss dominant



## Zusammenfassung

- Neu gefundener Rezeptor im Auge: verantwortlich für Melatoninsuppression
- Licht ist „Taktgeber“ für menschlichen Tagesrhythmus
- Erste lichttechn. Anwendungen zeigen nachweislich positive Effekte
- Raumklimastudien weisen Einfluss von CO<sub>2</sub> auf Leistung nach
- Neue Modelle erlauben bei kl. Stichproben ( $n < 30$ ) fundierte Aussagen
- Signifikanter Einfluss der Tageszeit auf *subjektive* Aufmerksamkeit
- Effekt des Lichtes auf *objektive* Aufmerksamkeit hier nicht nachweisbar
- Hoher Tageslichtanteil in Feldstudie beeinflusst Wirkpotential des Kunstlichtes
- Licht und Raumklima müssen zusammen betrachtet werden
- Relevante Störgrößen konsequenter beobachten, kontrollieren
- „Blaulicht“-forschung im Bildungsbereich steht erst am Anfang

# Literatur

- Ribic 2007  
Ribic, W.: **Schulstudie, Ziel: keine Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit durch schlechte Luft an Österreichs Schulen.** Unser Weg, 62. Jahrgang, Heft 5:195-198, (2007)
- Küller & Lindsten 1992  
Küller, R. & Lindsten, C.: **Health and Behavior of Children in Classrooms with and without Windows**, Journal of Environmental Psychology, 12, 305-317 (1992)
- Rautkylä et al. 2010  
Rautkylä, E.; Poulakka, M.; Tetri, E. & Halonen, L.: **Effects of Correlated Colour Temperature and Timing of Light Exposure on Daytime Alertness in Lecture Environments**, Journal of Light and Visual Environment, 34, 59-68 (2010)
- Sleegers et al. 2012  
Sleegers, P.; Moolenaar, N.; Galetzka, M.; Pruyn, A.; Sarroukh, B. & Zande, B. v. d.: **Lighting affects students concentration positively: findings from three Dutch studies**, Lighting Research and Technology, (2012)
- Wessolowski 2014  
Wessolowski, N.: **Wirksamkeit von Dynamischem Licht im Schulunterricht**, Dissertation Universität Hamburg (2014)
- Keis et al. 2014  
Keis, O.; Helbig, H.; Streb, J. & Hille, K.: **Influence of blue-enriched classroom lighting on students' cognitive performance**, Trends in Neuroscience and Education, 3, 86-92 (2014)
- Bortz & Schuster 2010  
Bortz, J. & Schuster, Ch.: **Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler**, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag GmbH (2010)
- DIN EN 13779:2007  
**Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme**; Deutsche Fassung EN 13779:2007, Beuth Verlag GmbH Berlin
- Umweltbundesamt  
**Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden**. Umweltbundesamt (2008)
- Brickenkamp 2005  
Brickenkamp, R.: **Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test Manual**, Hogrefe Verlag für Psychologie Göttingen, 9., überarbeitete und neu normierte Auflage, Edition (2002)
- Brunner & Langer 1999  
Brunner, E. & Langer, F.: **Nichtparametrische Analyse longitudinaler Daten**, R. Oldenburger Verlag, Lehr- und Handbücher der Statistik: Fachgebiet Biometrie (1999)
- Zulley 1990  
Zulley, J.: **Schlaf und Chronobiologie**, pp 38-44, in: Schlaf und Schlafstörungen, Meier-Ewert, K. et al. (eds), Springer Verlag Berlin Heidelberg (1990)
- Tri Hoang Do & Yau 2010  
Tri Hoang Do, M. & King-Wai Yau: **Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells**, Solomon H. Snyder Department of Neuroscience and Center for Sensory Biology, John Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland Physio Rev 90: 1547-1581, 2010; doi:10.1152/physrev.00013.2010 (2010)