

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

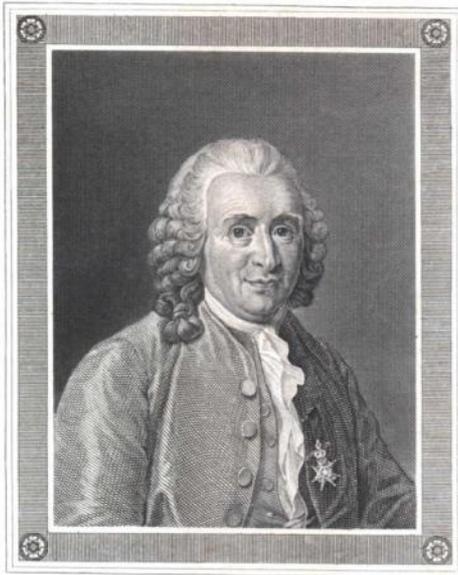
Agenda

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

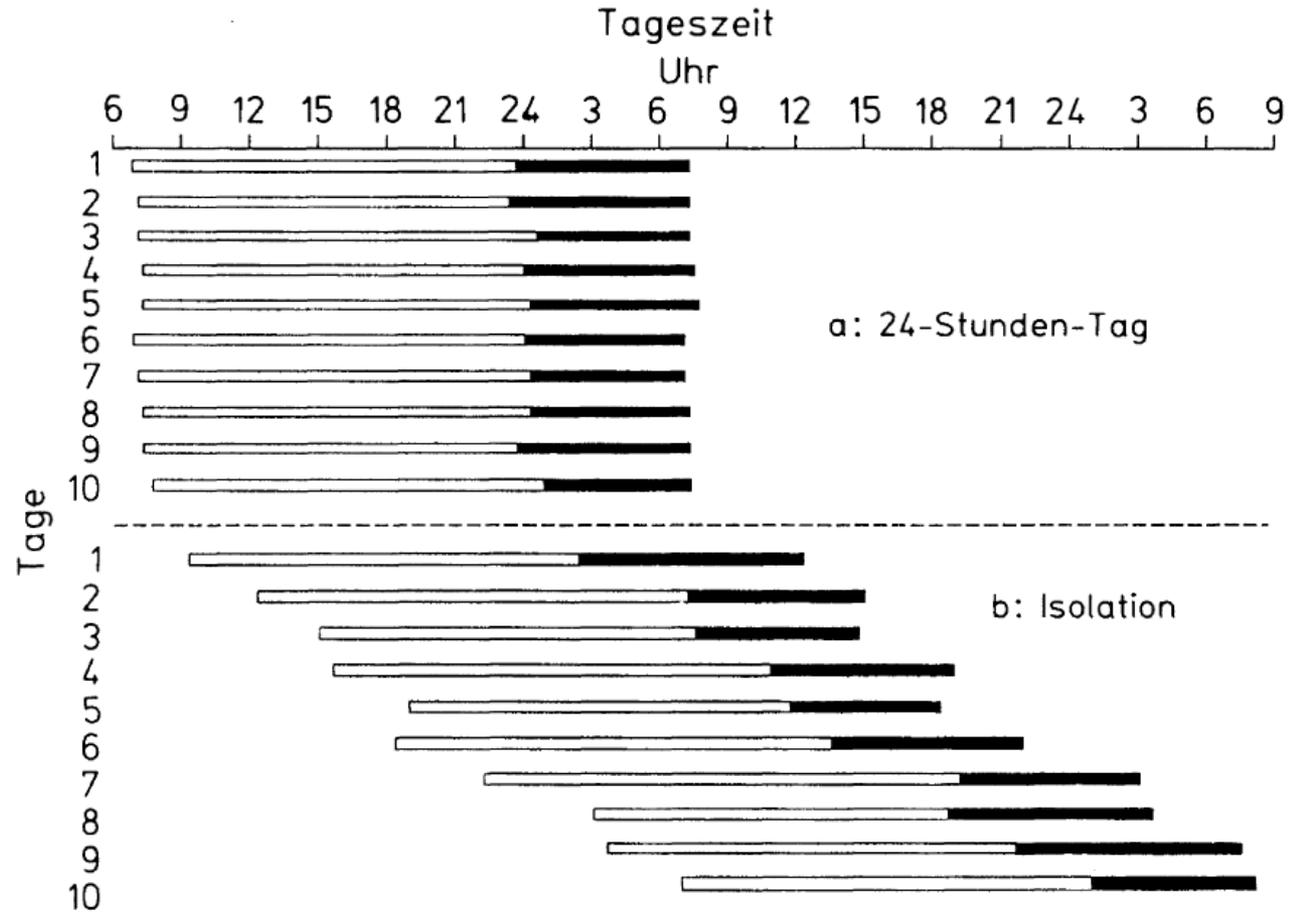
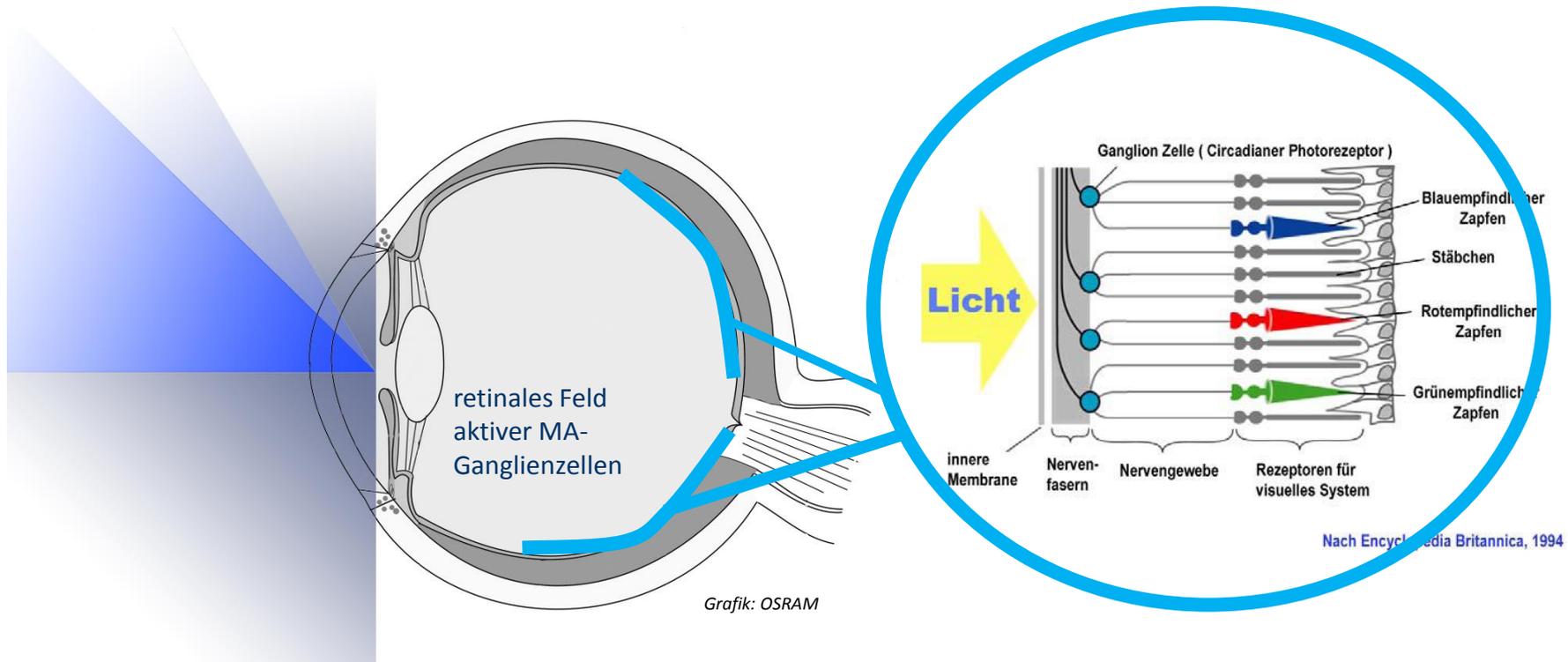


Abb. 1 a, b. Aufeinanderfolgende Tage (*untereinandergezeichnet*) einer Versuchsperson. **a** Im normalen 24-h-Tag und **b** unter Isolationsbedingungen mit einer freilaufenden zirkadianen Periodik (*offene Balken* Wachzeit, *schwarze Balken* Schlafzeit). Die Verlängerung des Schlaf-Wach-Rhythmus zeigt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

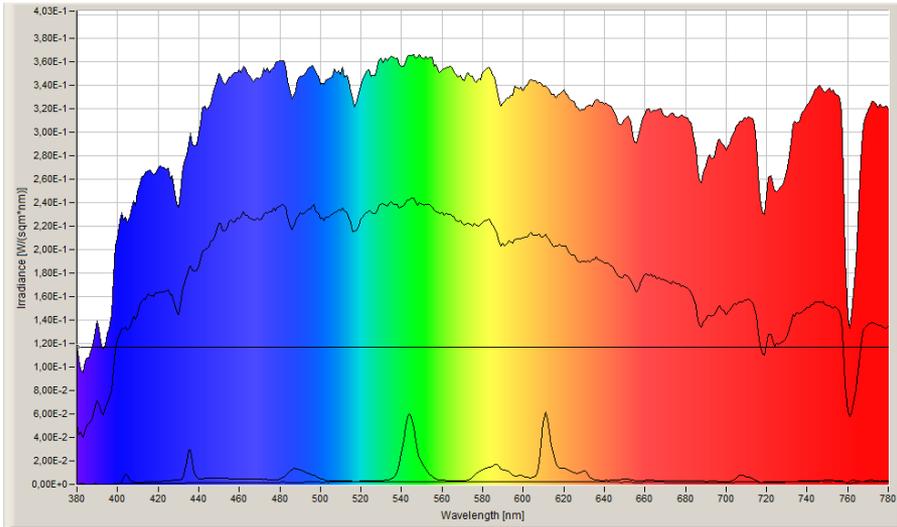
Entdeckung eines neuen Rezeptors im Jahre 2001

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

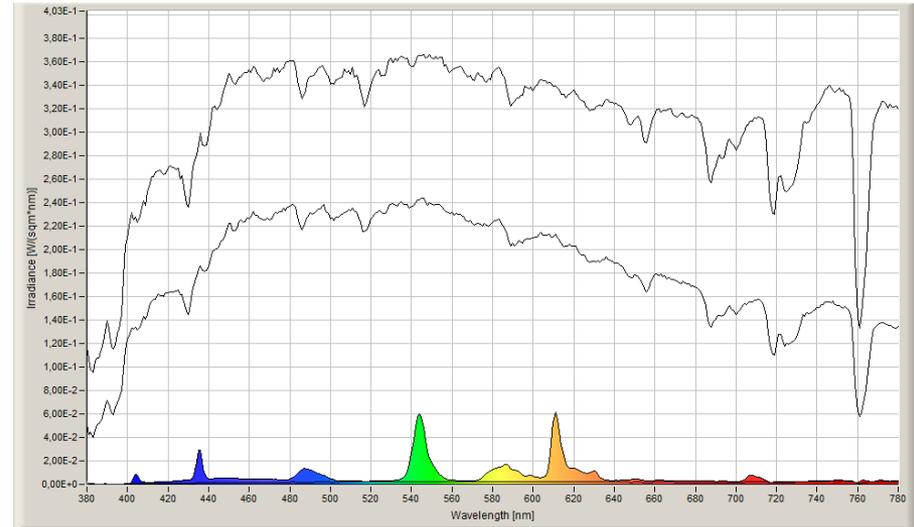


■ ipRGC's = intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cells

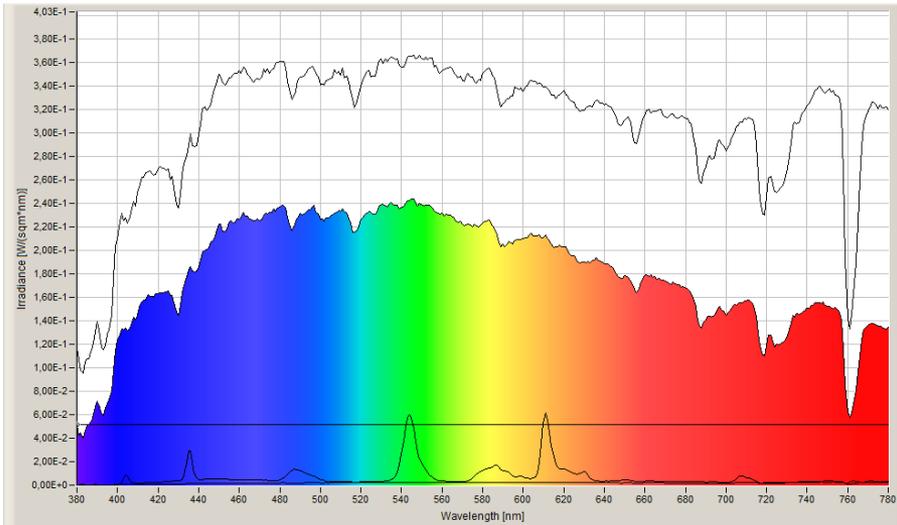
Eigene Messungen zur Verdeutlichung einer Tatsache



Blick durch geöffnetes Fenster, 14 Uhr



Blick in Büro, Leuchtstofflampen an



Blick durch geschlossenes Fenster, 14 Uhr



Eingesetzte Messtechnik

Neueste Studien belegen:

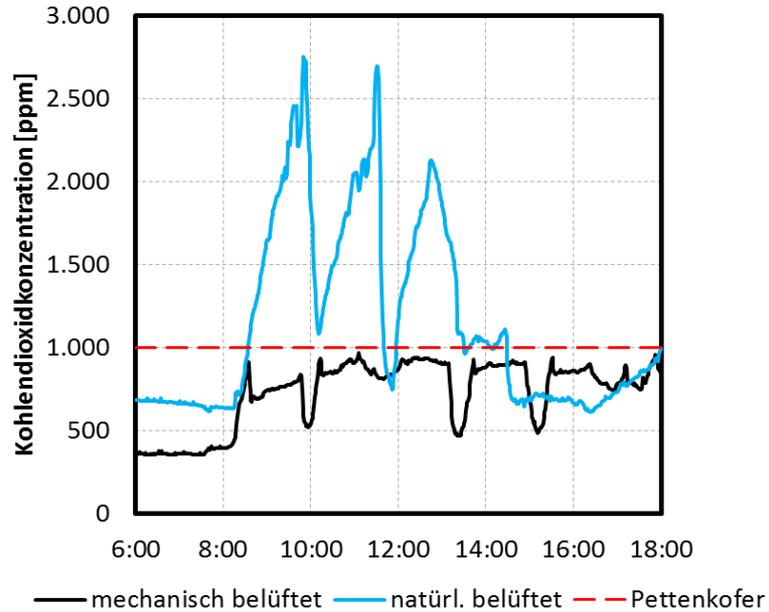
**„Alle Väter und Mütter wissen,
dass die Gesundheit ihrer Kinder
durchschnittlich häufige Störungen
zu erleiden beginnt,
sobald sie anfangen,
die öffentlichen Schulen
zu besuchen.**

**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.“**

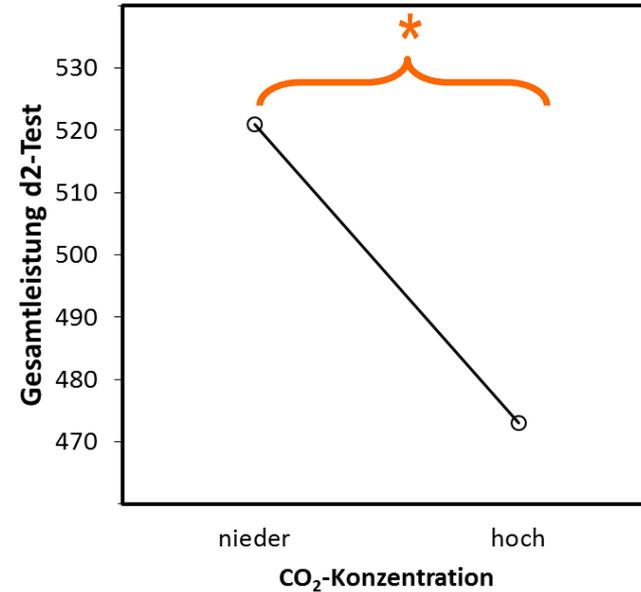
Dr. Max Pettenkofer (1857)

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

Quelle: Eigene Messungen



Quelle: Ribic, 2007



	CO ₂ - nieder		CO ₂ - 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 ₂ beachtet?
Küller & Lindsten 1992	Leuchtstoffröhren statisch (3.000 vs 5.500 K)	Sep, Dez, Feb, Mai morgens	horiz. Bel.stärke (200 bis 6950 lx)	20,5 bis 32 °C	Nein
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 10:00 (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 8:00 bis 10:00	Einmalig vor dem Test gemessen	Einmalig vor dem Test gemessen	Nein
Keis et al. 2014	LED statisch 3.000 bis 4.000 vs 5.500 K vert.!	Nov, Dez 7:20 bis 9:00	k. A.	k. A.	k. A.

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:

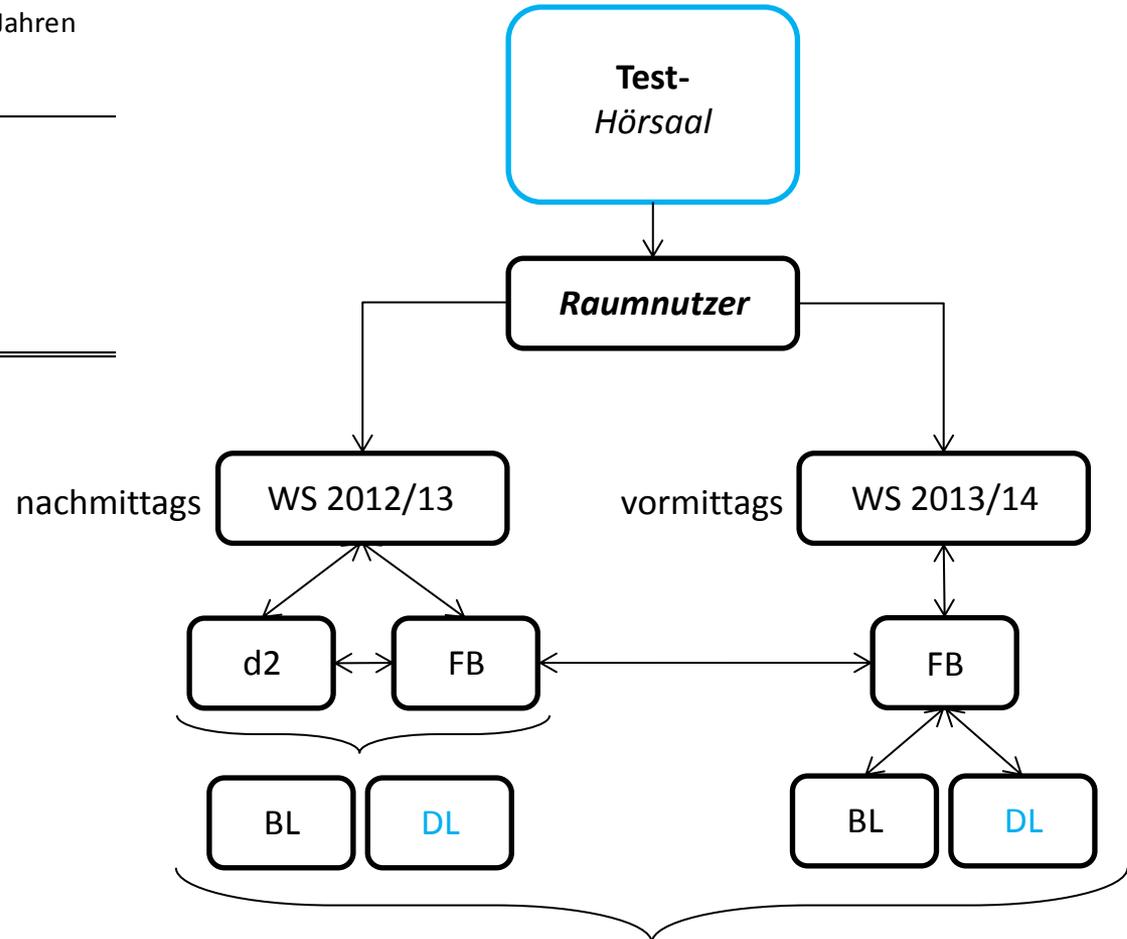
Kunstlichtsetting

Kohlendioxidkonzentration

Bildungsgrad

Alter

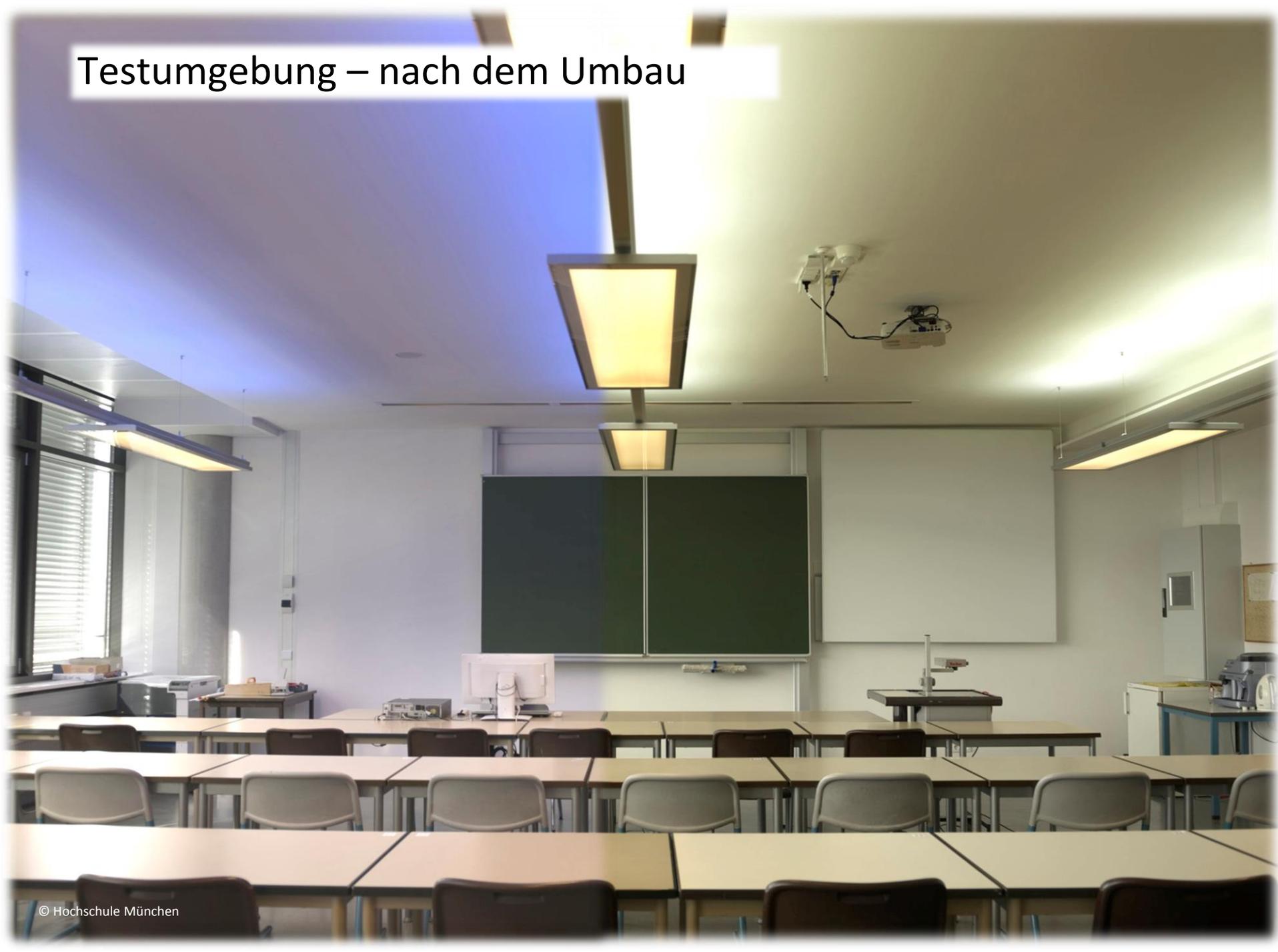
Geschlecht



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

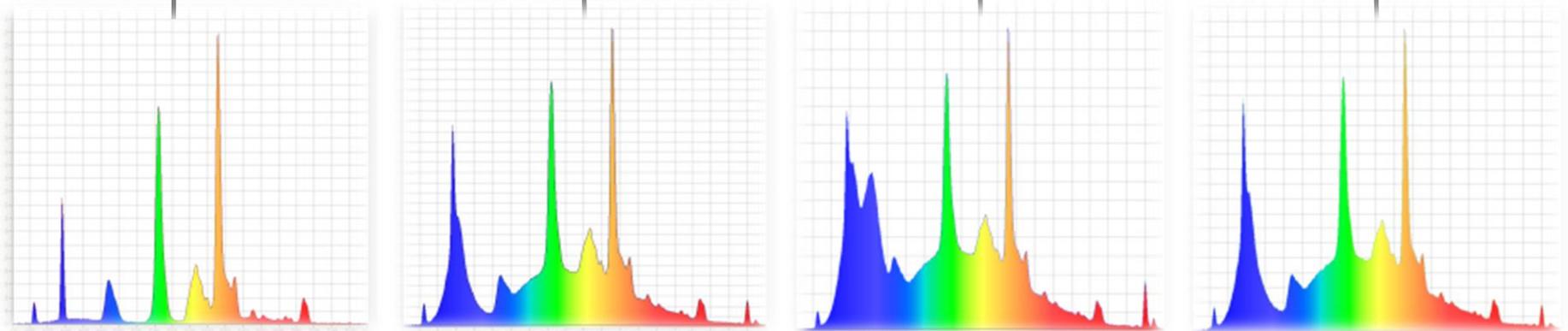
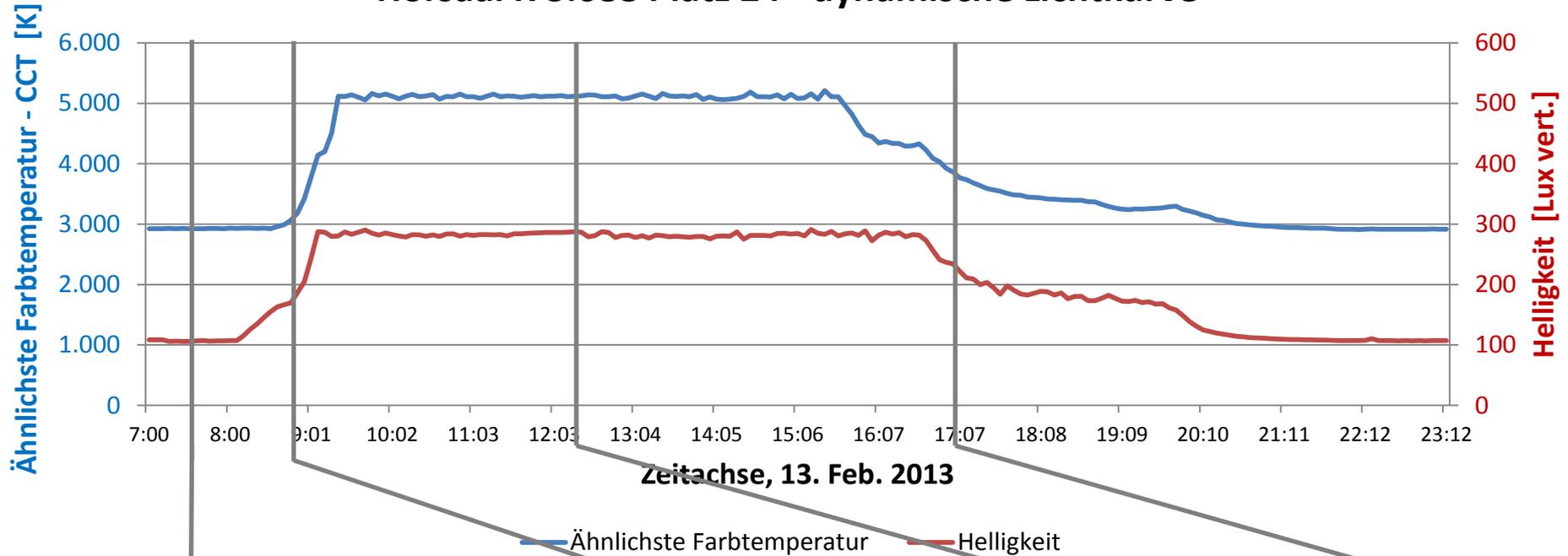
Vergleich sozialwissenschaftlich-psychologischen mit physikalischen Messdaten

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?

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

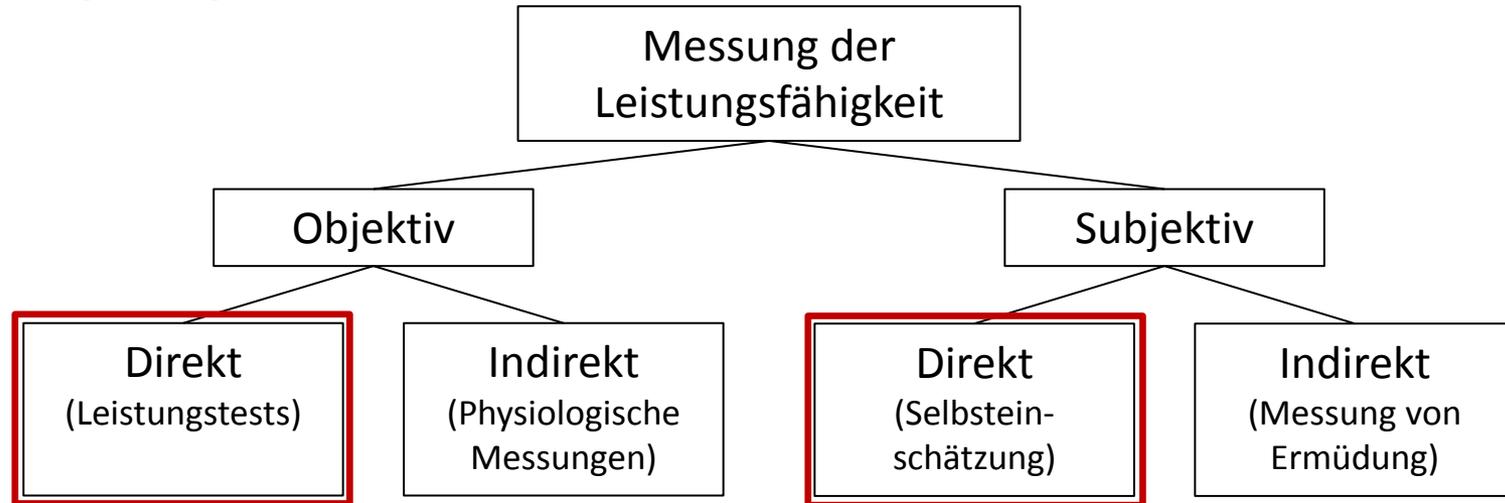
Hat **blau angereichertes dynamisches** Kunstlicht in einer Feldsituation *messbaren* Einfluss auf die Aufmerksamkeit von Studierenden?

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

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	0,00121**
Momentan bin ich... leistungsfähig	völlig, ..., gar nicht	0,00004**
Momentan bin ich... leistungsmotiviert	völlig, ..., gar nicht	0,00329**
Momentan bin ich... konzentrationsfähig	völlig, ..., gar nicht	0,00157**

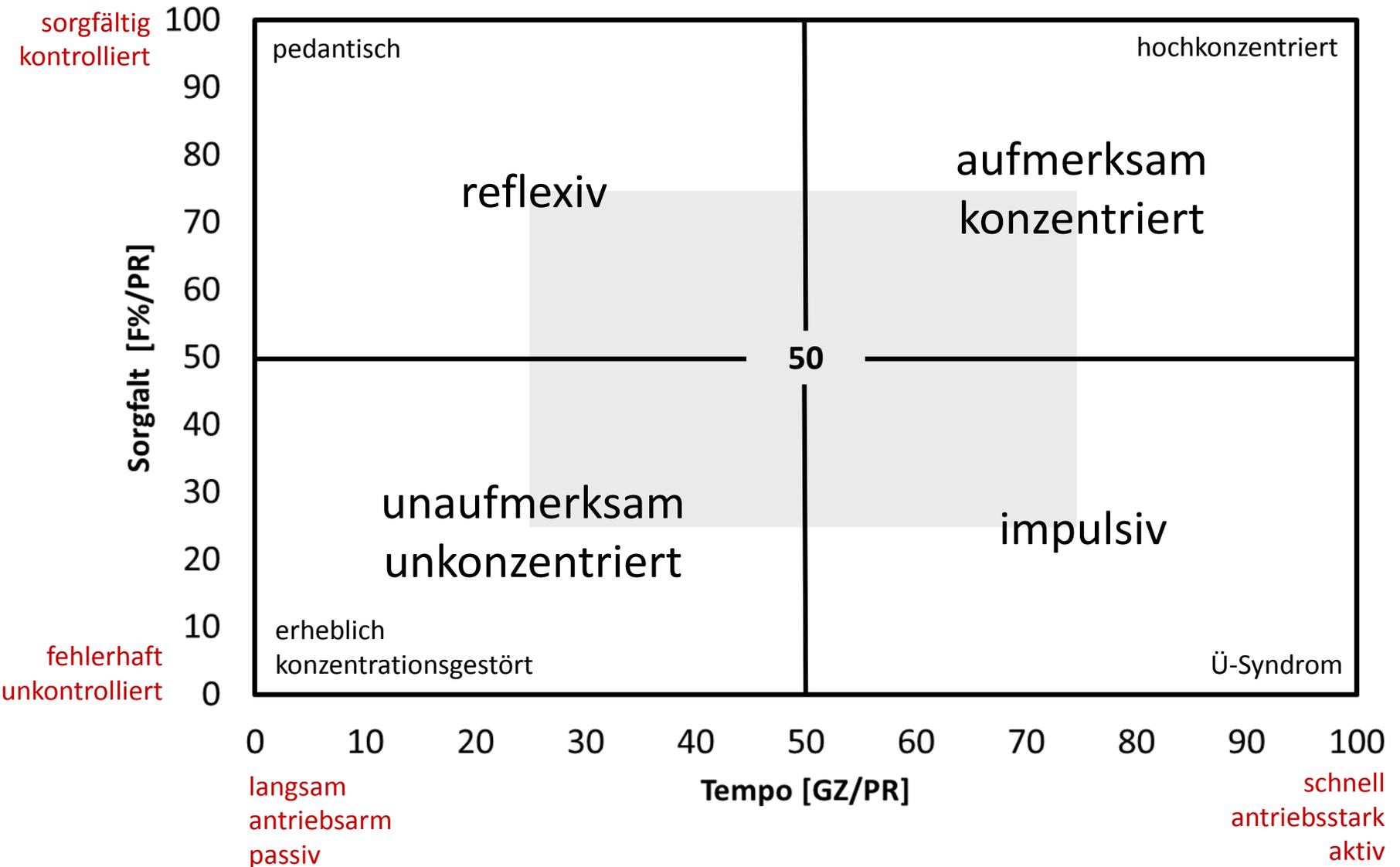
* p-Wert < 0,05 = signifikanter Unterschied

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

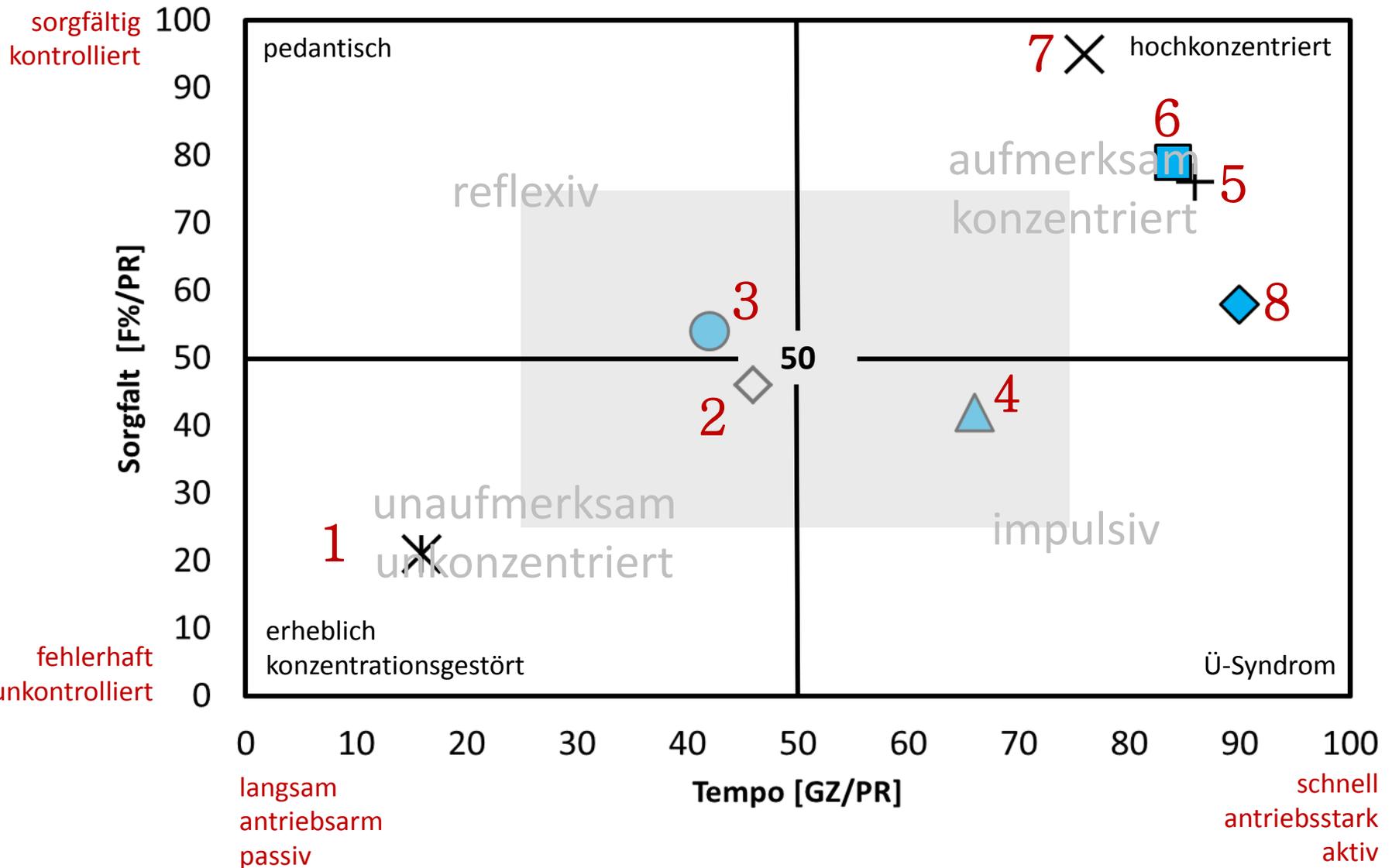
Signifikanzniveaueinpassung nach Bonferroni durchgeführt

Signifikanter Einfluss der Tageszeit auf *direkt subjektiv* gemessene Leistungsfähigkeit

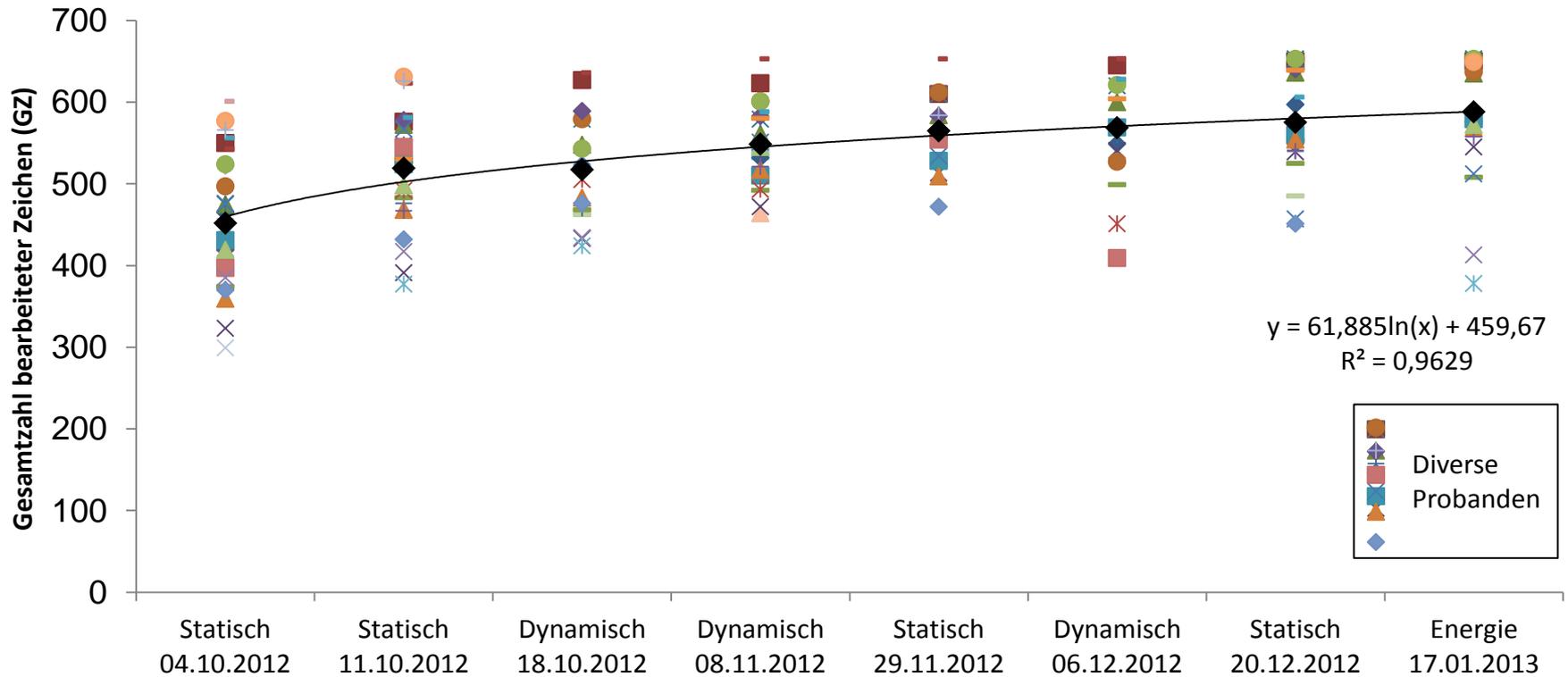
Objektive Messung: Auswerteschema d2-Test



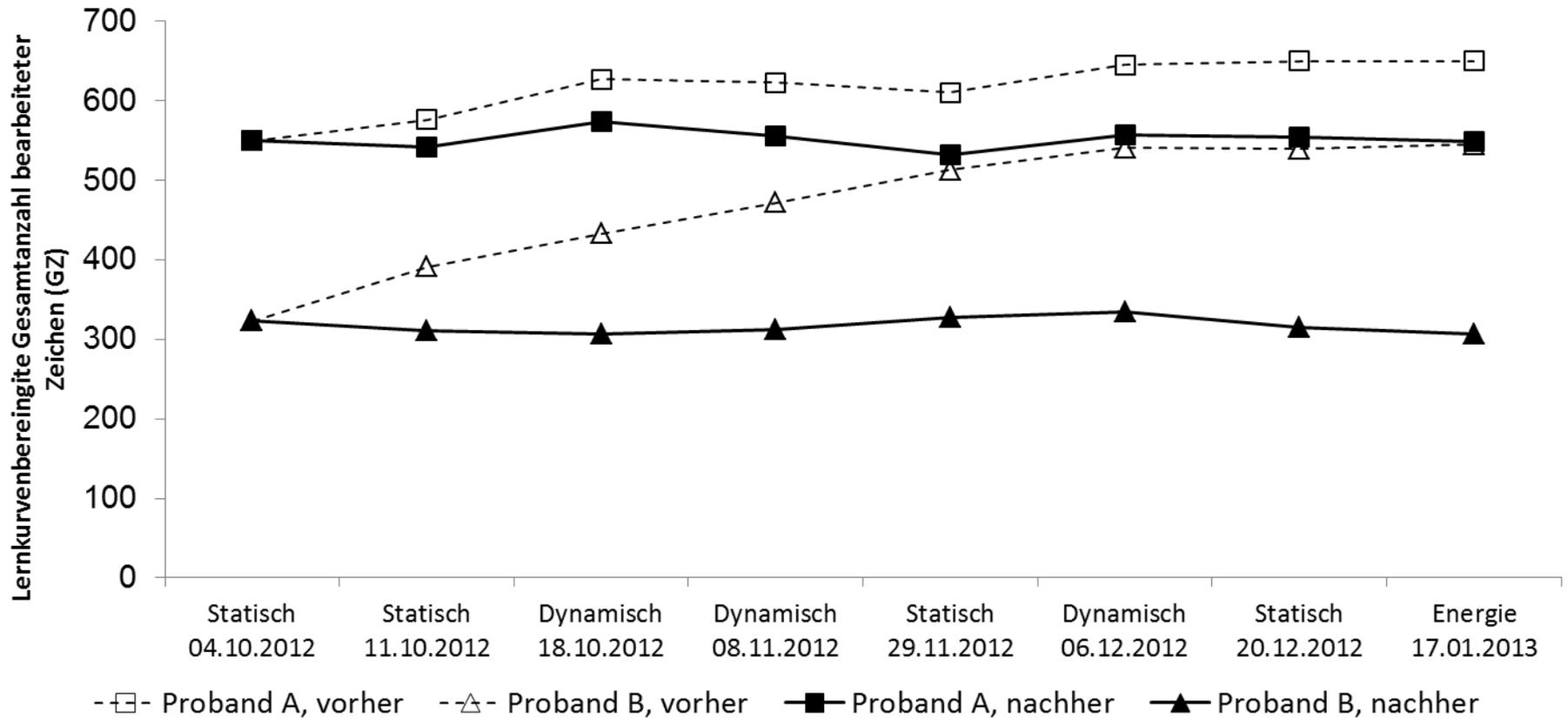
Objektive Messung: Auswerteschema d2-Test



Objektive Messung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)



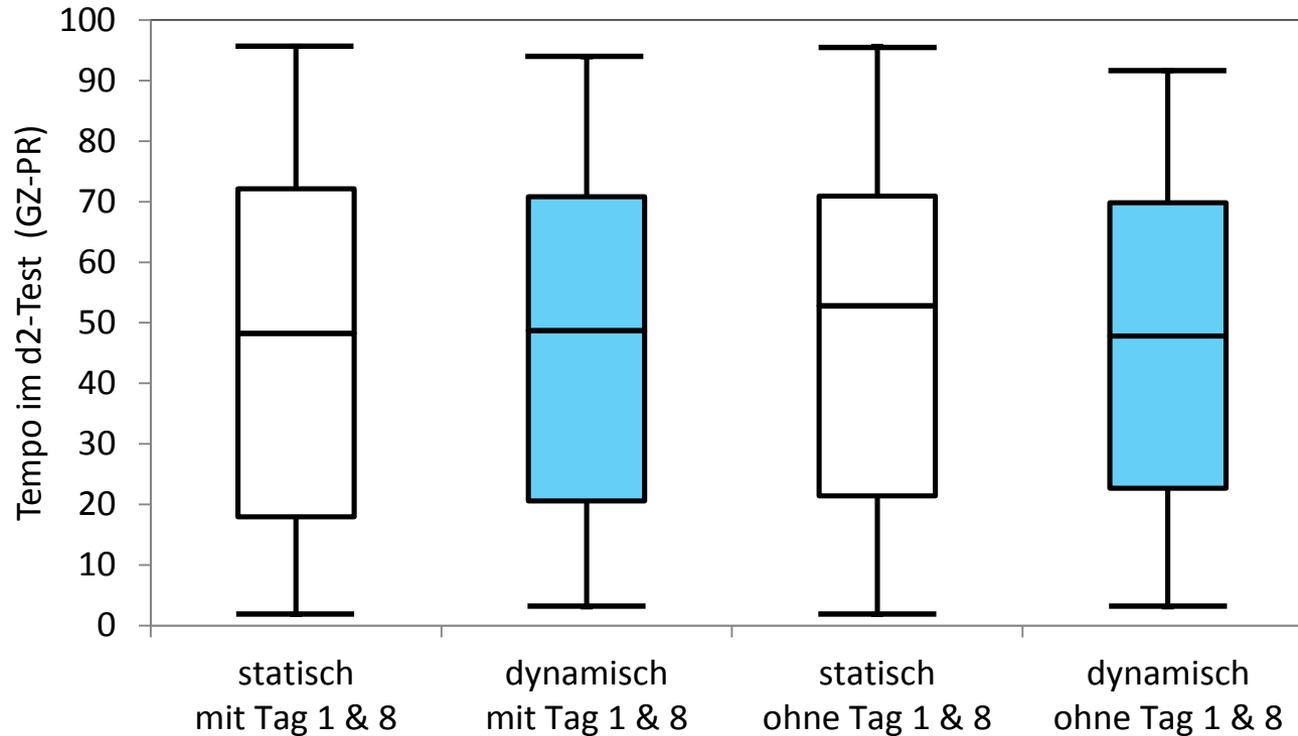
Objektive Messung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)



Statistische Auswertung: Aufmerksamkeit (Tempo im d2-Test)

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

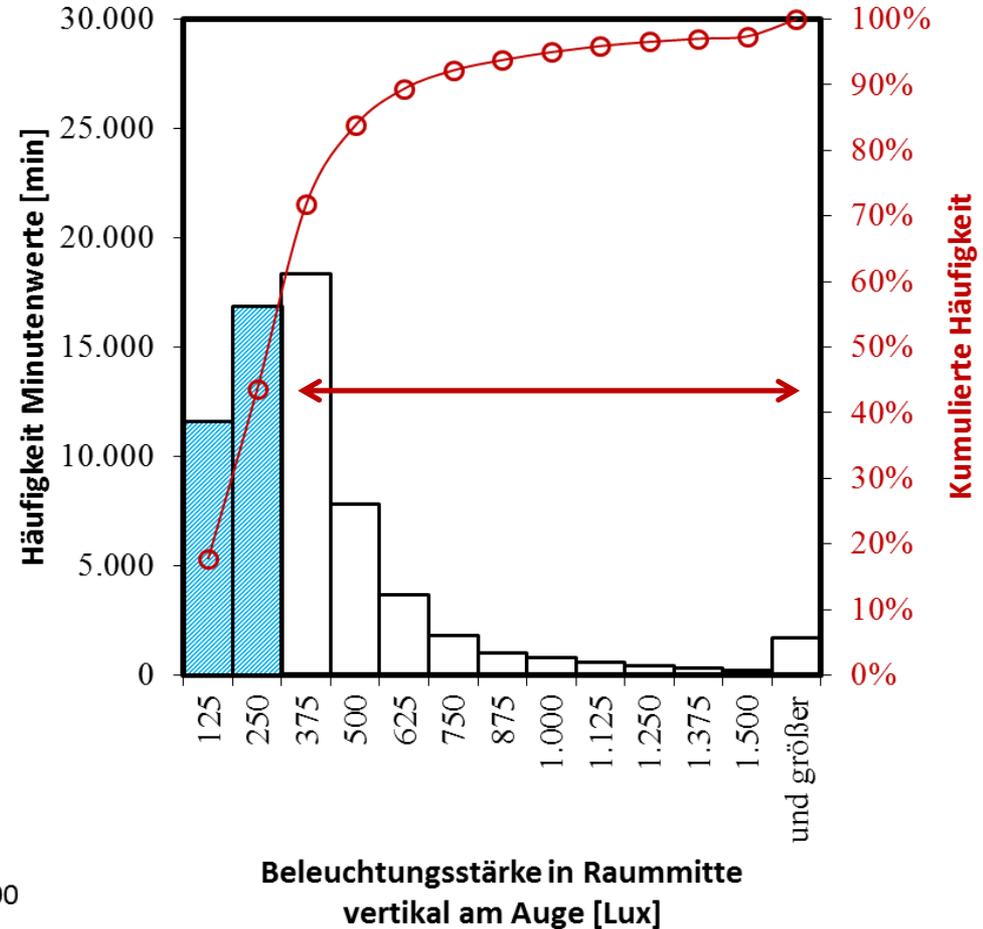
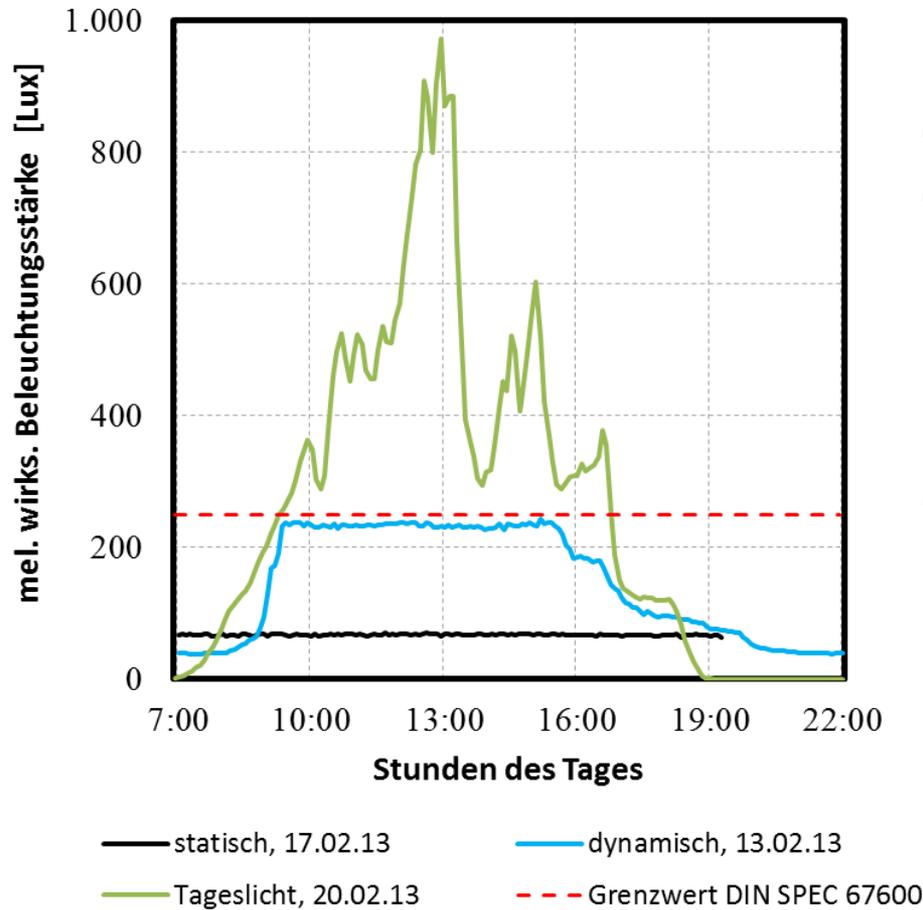
Verfahren: klassischer t-Test



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 CO₂ 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)