

Wohnkomfort und Raumluftqualität im Passiv- und Niedrigenergiehaus Ergebnisse aus der Rhomberg Studie

Guido Kempter

UCT Research, FH Vorarlberg



4. Innenraumtag des Arbeitskreises Innenraumluft am Lebensministerium
26. November 2013 in Wien



Untersuchungsgegenstand

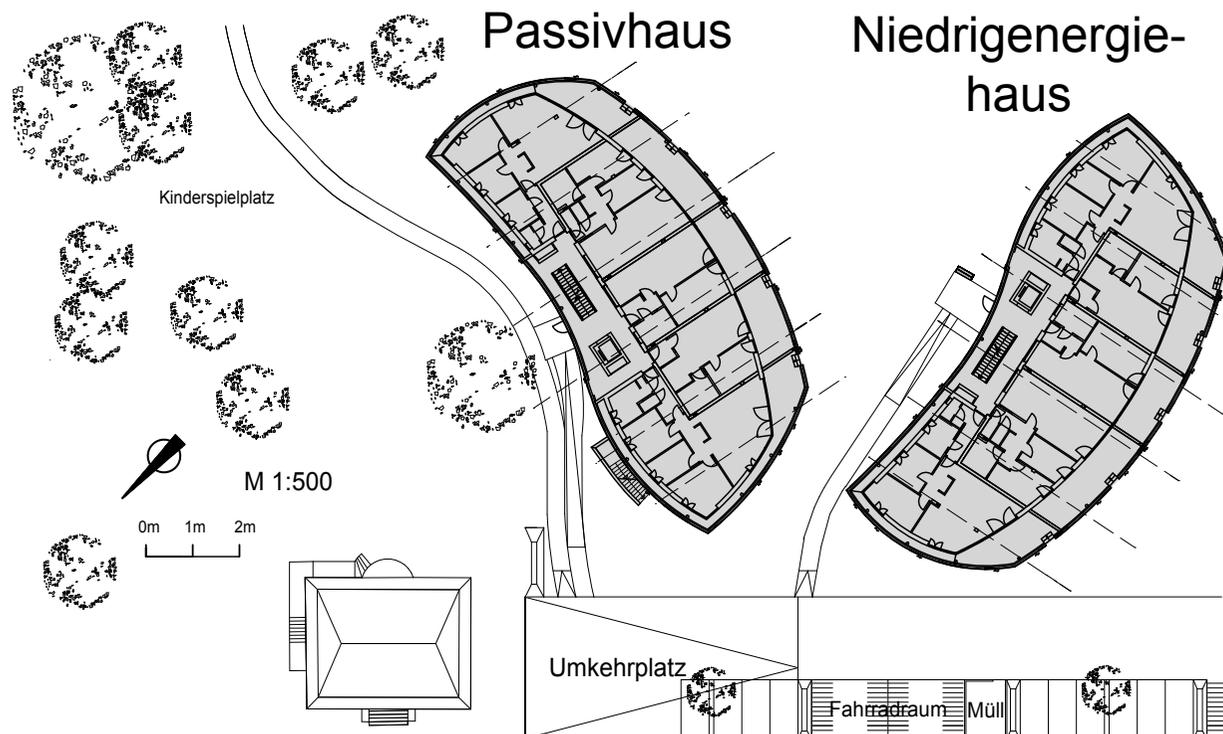
Es handelt sich, mit Ausnahme des PH-Standards, um baugleiche Gebäude.

Passivhaus

Mehrwohnhause mit 19 Eigentumswohnungen, erbaut in Öko-III-Ausführung gemäß den WBF-Richtlinien des Landes Vorarlberg 2007

Niedrigenergiehaus

Mehrwohnhause mit 22 Eigentumswohnungen, erbaut in Öko-II-Ausführung gemäß den WBF-Richtlinien des Landes Vorarlberg 2007



Untersuchungsumfang

Passivhaus

- kontinuierliche Zählung der Heizwärme, Warm- und Kaltwasser pro Wohnung sowie kontinuierliche Messung der Lufttemperatur pro Raum
- kontinuierliche Messung von Kohlendioxid im Wohnzimmer sowie Feuchtigkeit im Wohnzimmer, Schlafzimmer und Badezimmer in vier Wohnungen
- monatliche Befragung einer Stichprobe von BewohnerInnen

Niedrigenergiehaus

- kontinuierliche Zählung der Heizwärme, Warm- und Kaltwasser pro Wohnung sowie kontinuierliche Messung der Lufttemperatur pro Raum
- kontinuierliche Messung von Kohlendioxid im Wohnzimmer sowie Feuchtigkeit im Wohnzimmer, Schlafzimmer und Badezimmer in vier Wohnungen
- monatliche Befragung einer Stichprobe von BewohnerInnen



E+E Feuchte / Temperatur
Messumformer der Serie EE10



E+E Kohlendioxid / Feuchte /
Temperatur der Serie EE80



Sontec Feuchte / Temperatur / Sonne /
Wind / etc.



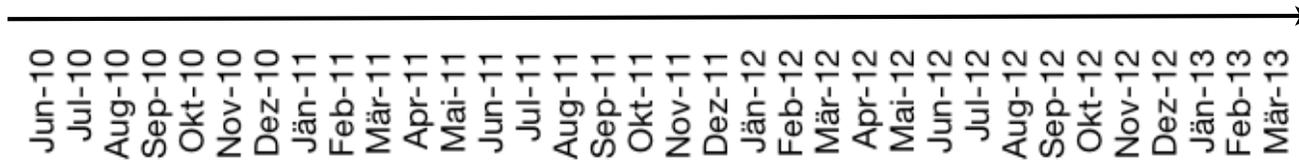
ISTA Wärmemengenzähler
der Serie sensonic II



ISTA Wasserzähler
der Serie istameter

Untersuchungszeitraum

34 Monate



Personenbelegung

Passivhaus: 60 m²/P

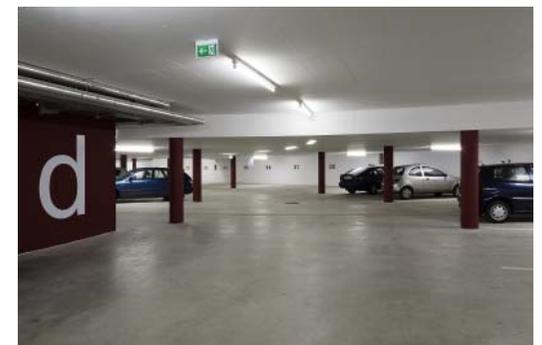
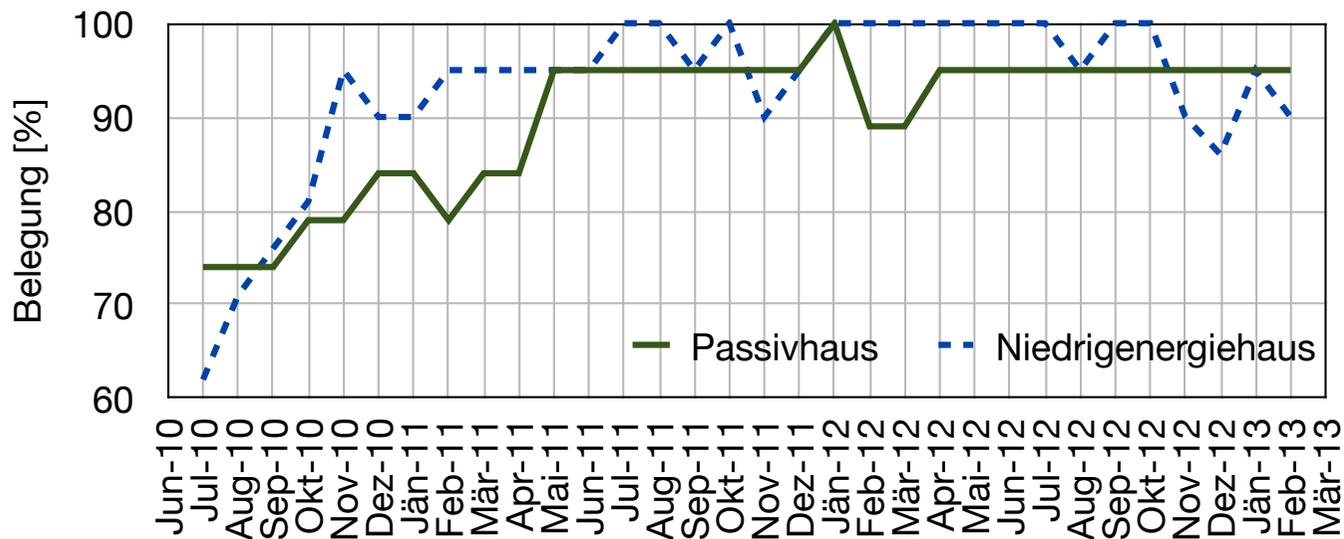
Niedrigenergiehaus: 40 m²/P

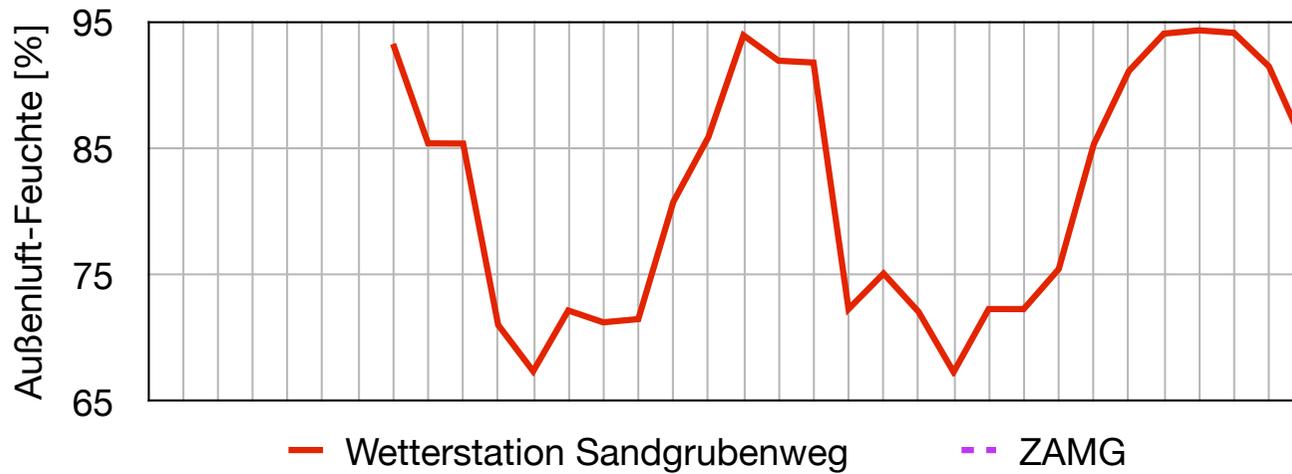
Wohnungsbelegung

M_P=90%

M_N=93%

p<0,050





Außenbedingungen

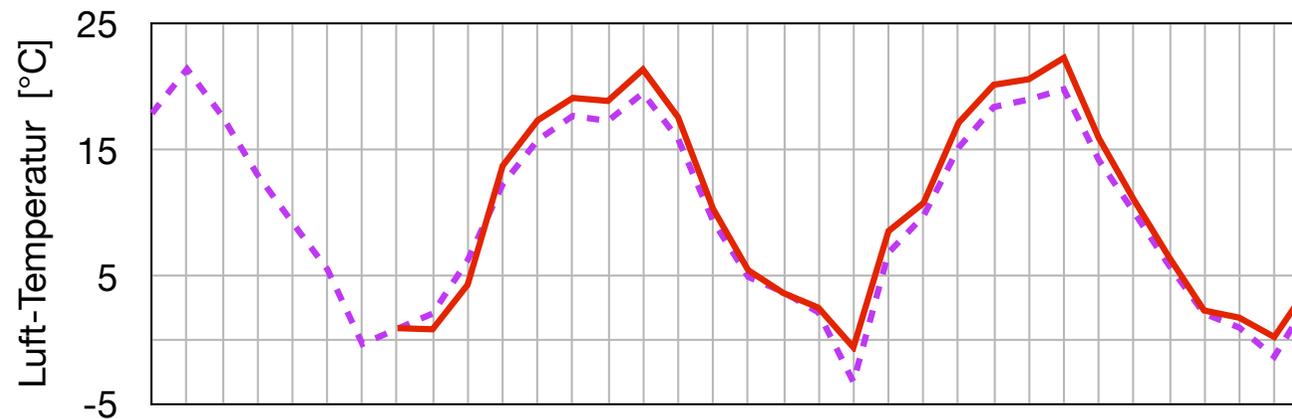
Außenluft-Feuchte Sandgrubenweg

$M_{2011}=80,8\%$

$M_{2012}=80,3\%$

max=94,2% min=67,3%

M_{2011}/M_{2012} .n.s.



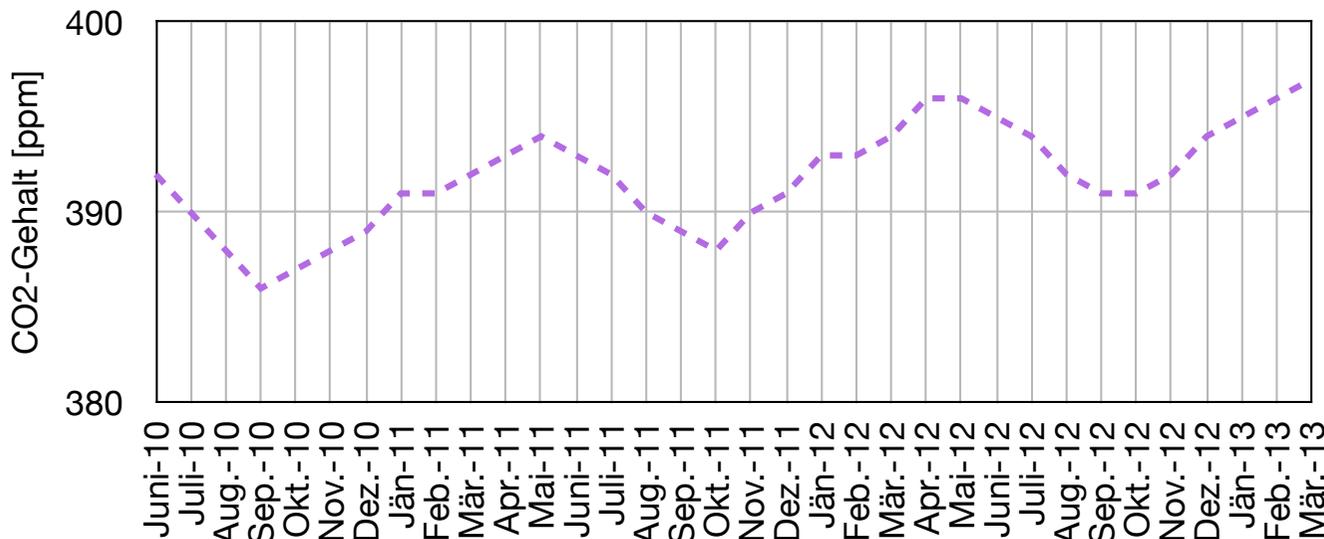
Außenluft-Temperatur 06/10-03/13

$M_{2011}=11,2^{\circ}\text{C}$

$M_{2012}=11,5^{\circ}\text{C}$

max=22,3°C min=-0,6°C

M_{2011}/M_{2012} .n.s.



Atmosphärische Kohlendioxidkonzentration

$M_{2011}=391\text{ppm}$

$M_{2012}=393\text{ppm}$

max=397ppm min=386ppm

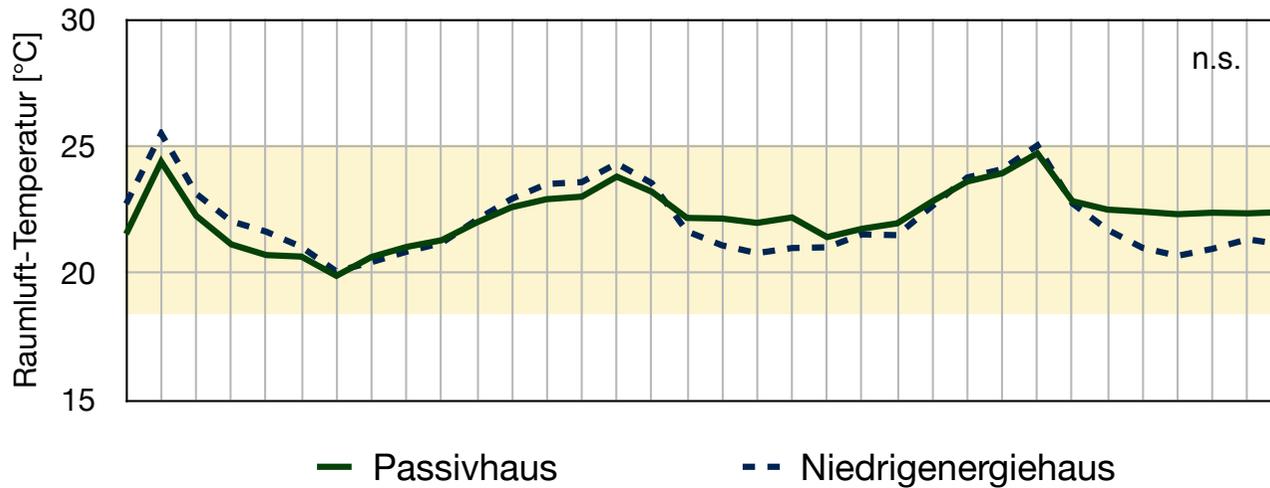
M_{2011}/M_{2012} $p<0,001$

(Monatsmittelwerte)

Raummerkmal-Durchschnittswerte im Untersuchungszeitraum

quartalsweise Messwiederholungen mit mobilen Geräten - Referenzwerte für die stationären Messumwandler

<i>Messungen im Wohnzimmer</i>	Passivhaus	Niedrigenergiehaus	<i>Messeinheit</i>	<i>p</i>
Helligkeit am Fenster (ohne Leuchte)	1613	2235	<i>lx</i>	<i>n.s.</i>
Helligkeit am Esstisch (ohne Leuchte)	246	530	<i>lx</i>	<i>p<0,050</i>
Helligkeit am Esstisch (mit Leuchte)	641	647	<i>lx</i>	<i>n.s.</i>
Schalldruckpegel	30	32	<i>dB</i>	<i>n.s.</i>
Kohlendioxidgehalt	581	682	<i>ppm</i>	<i>n.s.</i>
Luftfeuchtigkeit	43	50	<i>%</i>	<i>n.s.</i>
Lufttemperatur	22	21	<i>°C</i>	<i>n.s.</i>
Bodentemperatur	22	22	<i>°C</i>	<i>n.s.</i>
Wandtemperatur	20	20	<i>°C</i>	<i>n.s.</i>
Fenstertemperatur	19	18	<i>°C</i>	<i>n.s.</i>
Luftstrom beim Türdurchlass	0,36	0,09	<i>m/s</i>	<i>p<0,050</i>
NF Elektromog am Tisch	7	6,1	<i>V/m</i>	<i>n.s.</i>
HF Elektromog	67,7	48,1	<i>mW/m²</i>	<i>n.s.</i>



Raumluft-Temperatur

Wohnzimmer 06/10-03/13

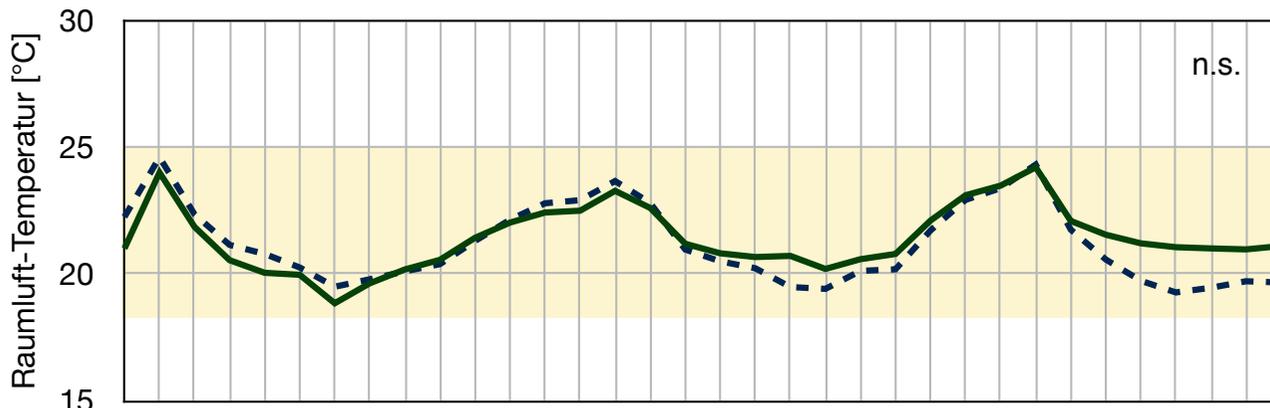
$M_P=22,3^{\circ}\text{C}$ $\min_P=19,9^{\circ}\text{C}$ $\max_P=24,7^{\circ}\text{C}$

$M_N=22,1^{\circ}\text{C}$ $\min_P=20,1^{\circ}\text{C}$ $\max_P=25,1^{\circ}\text{C}$

Innen-Aussen $Kor_P=0,691^*$

Innen-Aussen $Kor_N=0,928^{***}$

die Raumlufttemperatur im NH korreliert mit der Außenlufttemperatur



Schlafzimmer 06/10-03/13

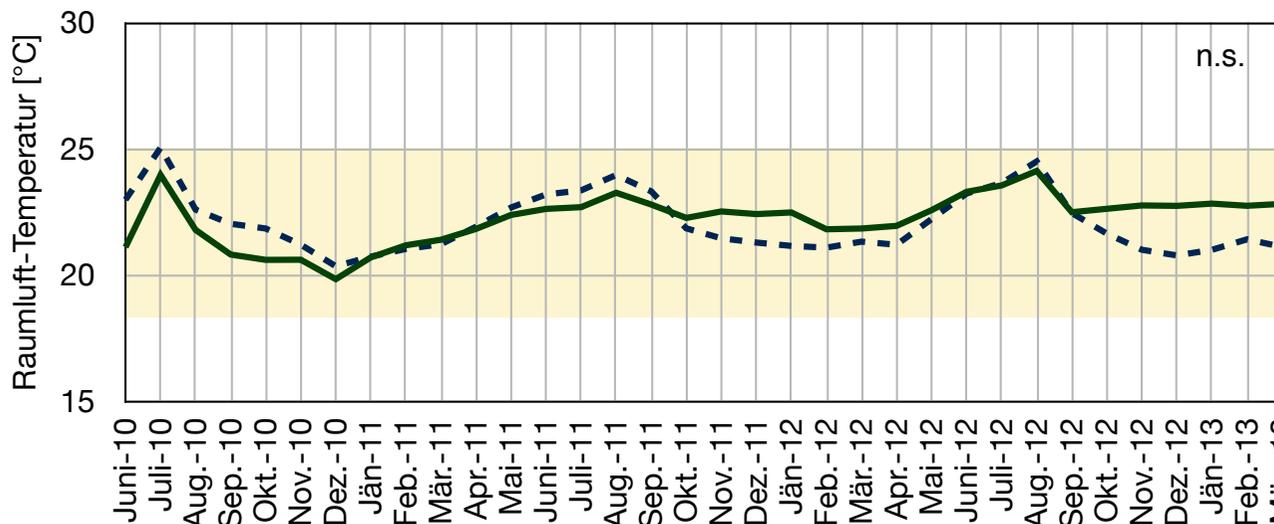
$M_P=21,4^{\circ}\text{C}$ $\min_P=18,9^{\circ}\text{C}$ $\max_P=24,2^{\circ}\text{C}$

$M_N=21,2^{\circ}\text{C}$ $\min_P=19,3^{\circ}\text{C}$ $\max_P=24,6^{\circ}\text{C}$

Innen-Aussen $Kor_P=0,835^{**}$

Innen-Aussen $Kor_N=0,942^{***}$

die Raumlufttemperatur im PH und NH korreliert mit der Außenlufttemperatur



Badezimmer 06/10-03/13

$M_P=22,2^{\circ}\text{C}$ $\min_P=19,8^{\circ}\text{C}$ $\max_P=24,1^{\circ}\text{C}$

$M_N=22,1^{\circ}\text{C}$ $\min_P=20,4^{\circ}\text{C}$ $\max_P=25,1^{\circ}\text{C}$

Innen-Aussen $Kor_P=0,461$

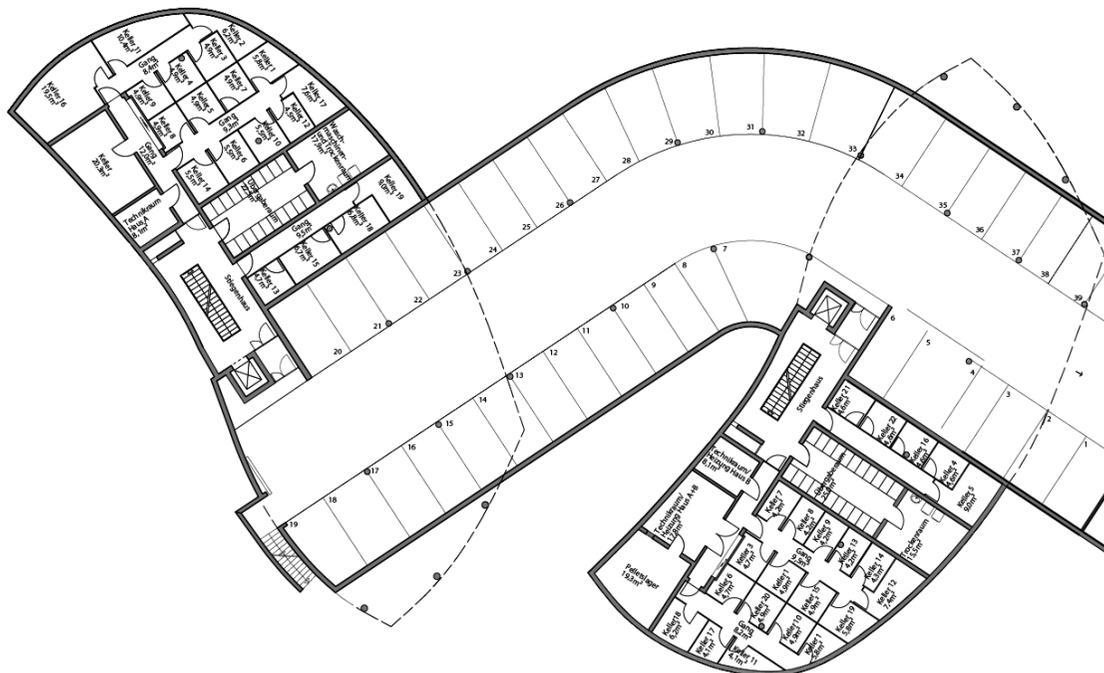
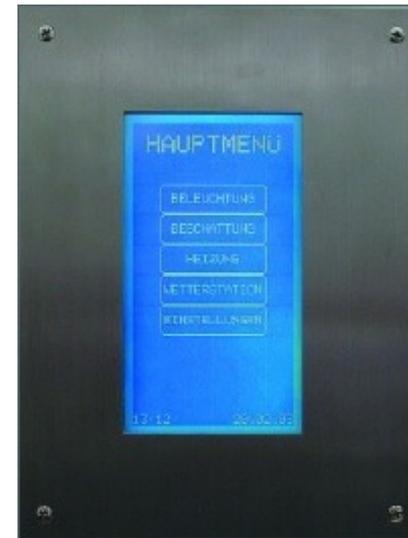
Innen-Aussen $Kor_N=0,912^{**}$

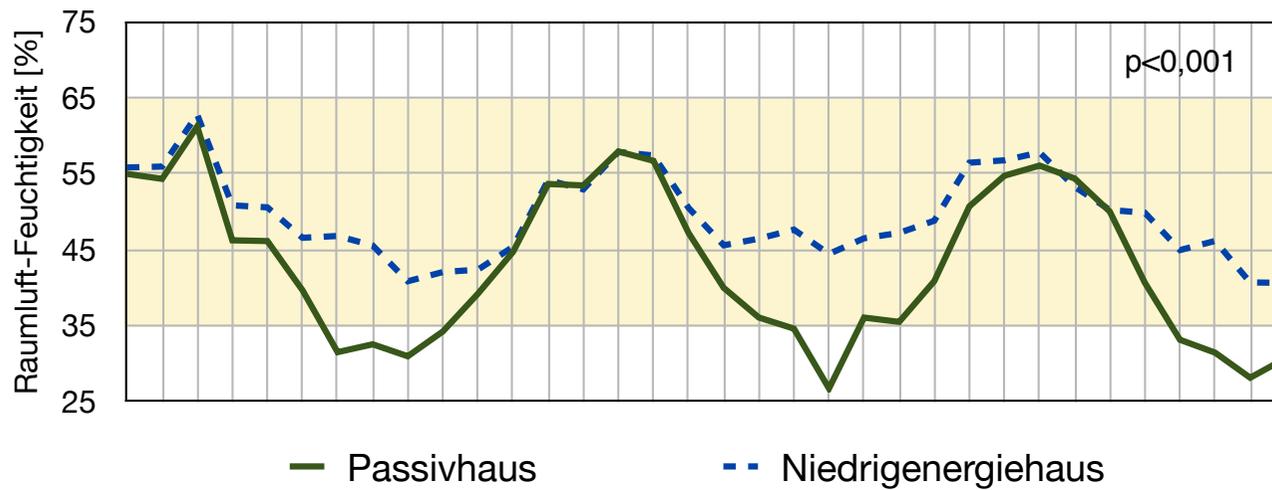
die Raumlufttemperatur im NH korreliert mit der Außenlufttemperatur

(Monatsmittelwerte)

Raumlufttemperatur-Regulation

- zentrale Steuerung über Touchscreen
- Einzelraum gesteuerte Niedertemperatur-Fußbodenheizung
- zentrale Pelletheizung (Heizung und Warmwasser) für Passivhaus und Niedrigenergiehaus
- außen liegender Sonnenschutz





Raumluft-Feuchtigkeit

Wohnzimmer 06/10-03/13

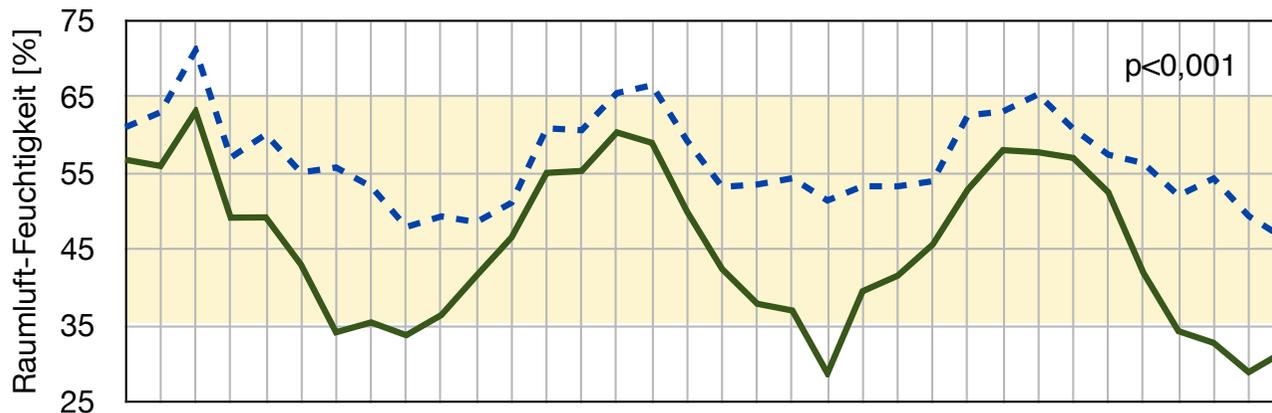
$M_P=43,1\%$ $min_P=26,8\%$ $max_P=61,3\%$

$M_N=49,5\%$ $min_N=40,7\%$ $max_N=62,8\%$

Innen-Aussen $Kor_P=-0,422$

Innen-Aussen $Kor_N=-0,337$

im PH herrscht in allen Räumen eine geringere
Raumlufffeuchtigkeit vor als im NH



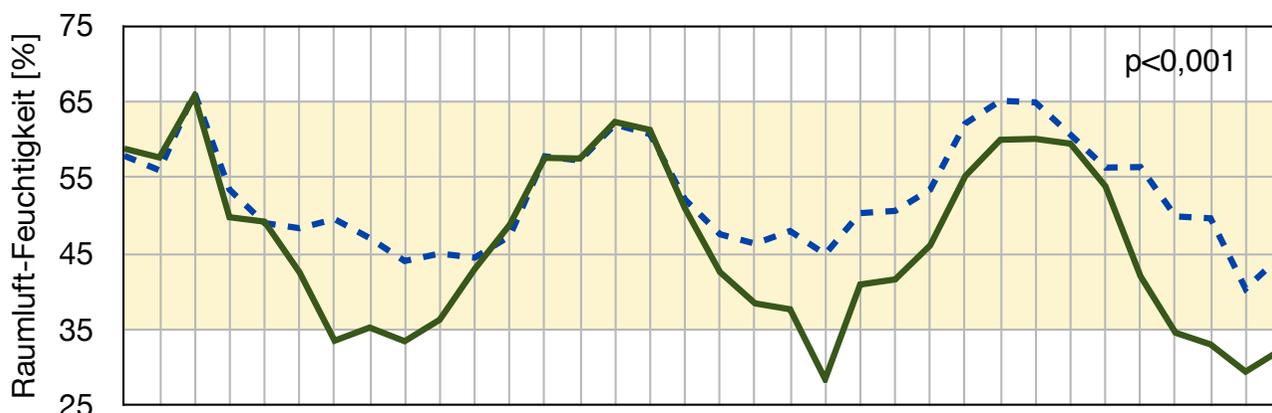
Schlafzimmer 06/10-03/13

$M_P=45,5\%$ $min_P=26,7\%$ $max_P=63,1\%$

$M_N=56,7\%$ $min_N=46,5\%$ $max_N=71,2\%$

Innen-Aussen $Kor_P=-0,460$

Innen-Aussen $Kor_N=-0,278$



Badezimmer 06/10-03/13

$M_P=46,5\%$ $min_P=28,5\%$ $max_P=65,8\%$

$M_N=52,7\%$ $min_N=40,4\%$ $max_N=66,2\%$

Innen-Aussen $Kor_P=-0,472$

Innen-Aussen $Kor_N=-0,350$

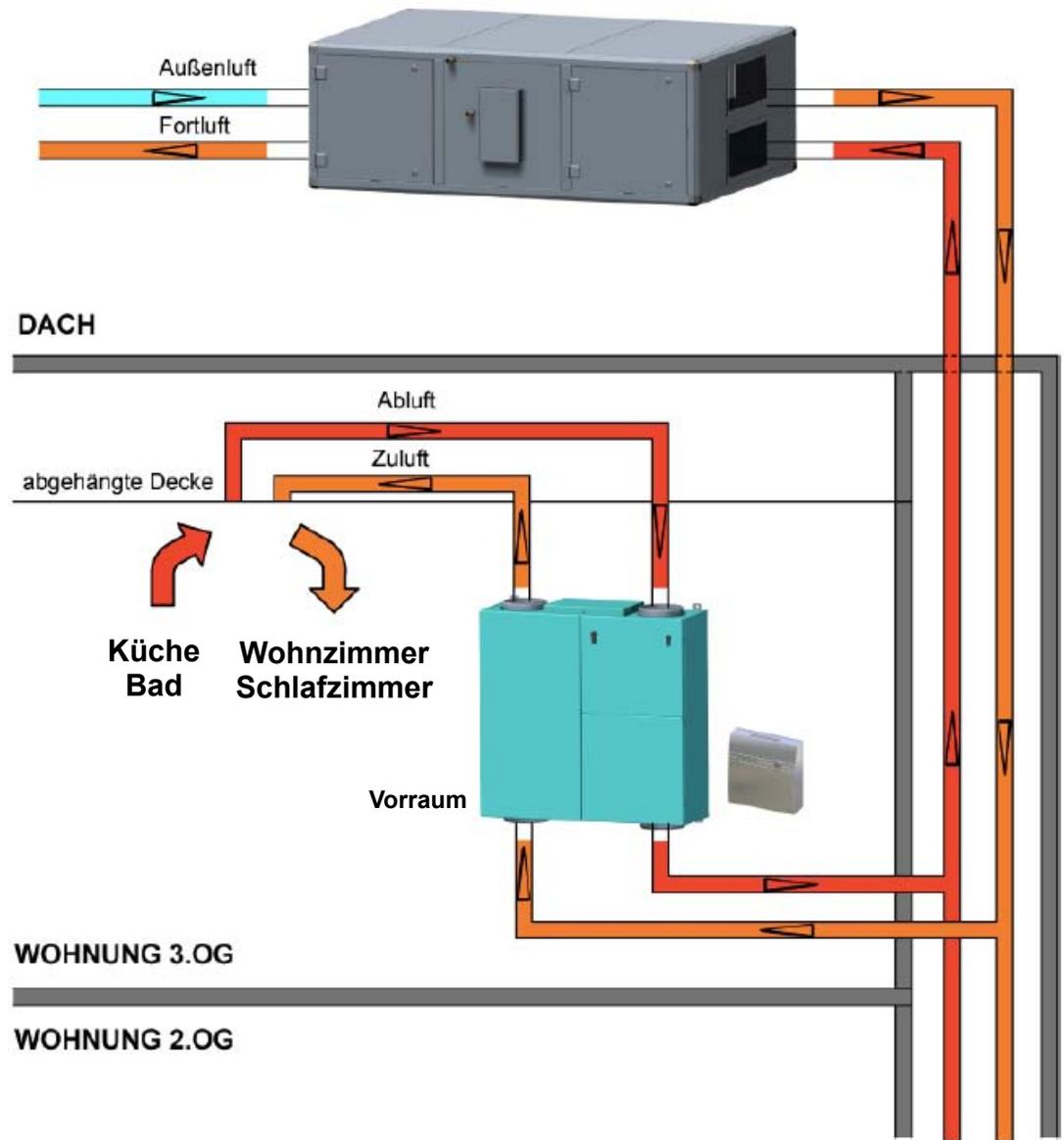
Juni-10 Juli-10 Aug.-10 Sep.-10 Okt.-10 Nov.-10 Dez.-10 Jän.-11 Feb.-11 Mär.-11 Apr.-11 Mai-11 Juni-11 Juli-11 Aug.-11 Sep.-11 Okt.-11 Nov.-11 Dez.-11 Jän.-12 Feb.-12 Mär.-12 Apr.-12 Mai-12 Juni-12 Juli-12 Aug.-12 Sep.-12 Okt.-12 Nov.-12 Dez.-12 Jän.-13 Feb.-13 Mär.-13

(Monatsmittelwerte)

Semizentrale kontrollierte Be- und Entlüftung im Passivhaus

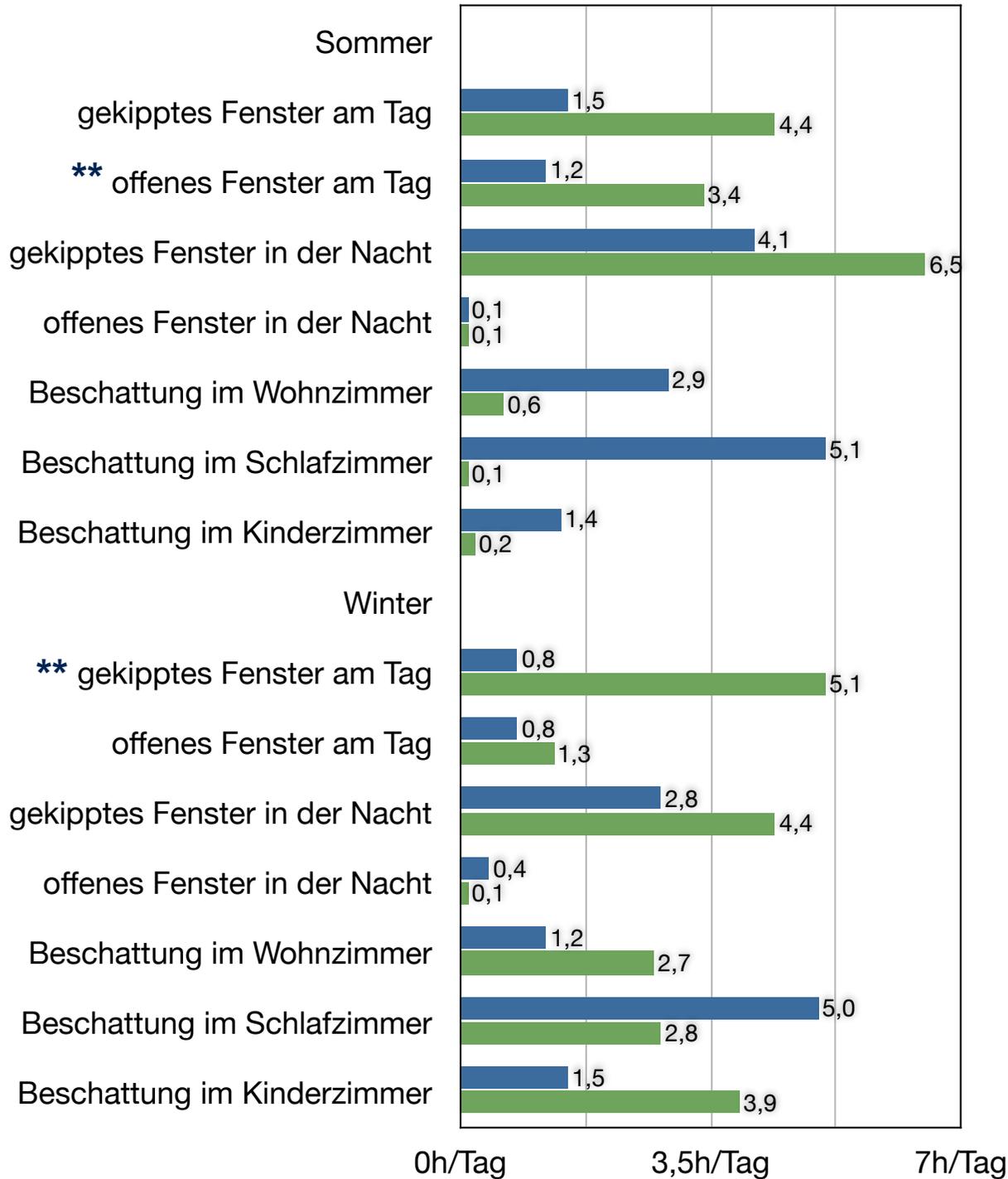


Zentralgerät mit Grob- und Feinfilter
Vorwärmung der Zuluft durch
Wärmerückgewinnung aus der Abluft;
keine Durchmischung von Abluft und Zuluft
bzw. Außenluft und Fortluft
keine Feuchtigkeitsrückgewinnung



Dezentrale Lüftungseinheit für Filter in der Abluft
keine Durchmischung von Zuluft und Abluft

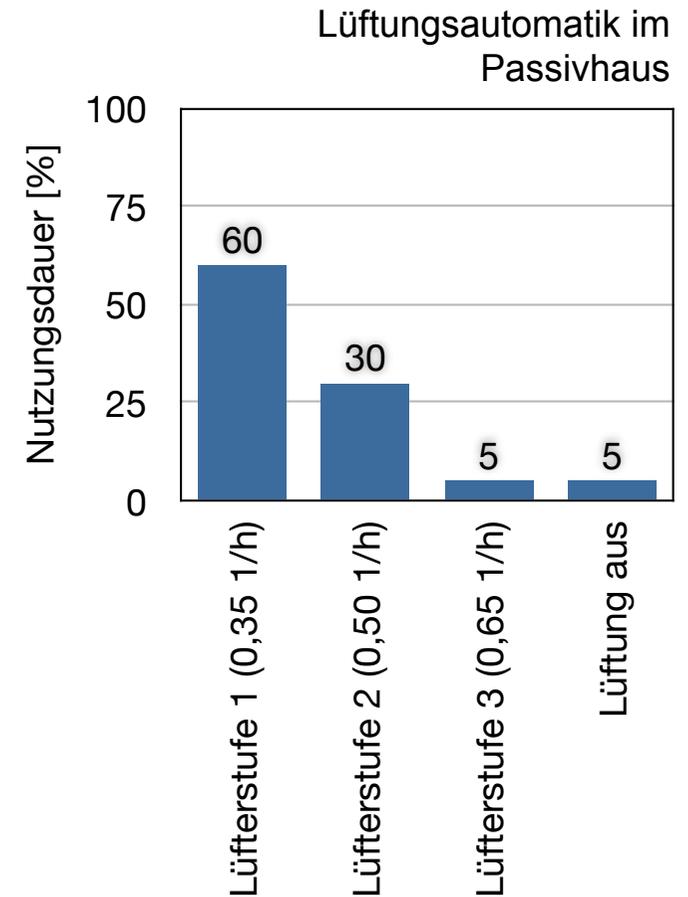
Manuelle Lüftung im ■ Passivhaus ■ Niedrigenergiehaus



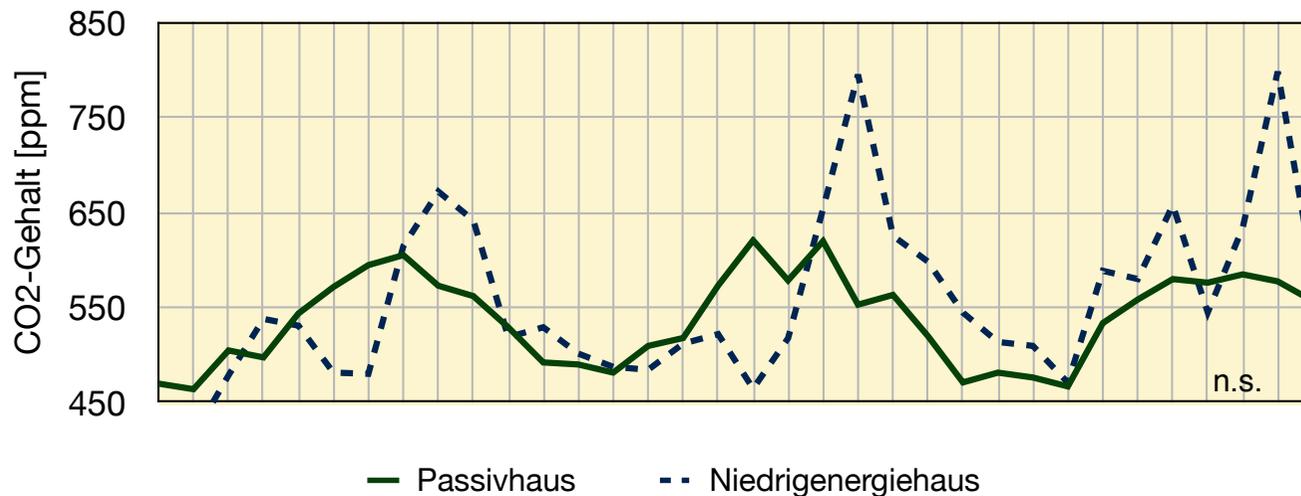
Lüftungsverhalten

Sowohl im NEH als auch im PH wird Fensterlüftung durchgeführt.

Erwartungsgemäß mehr Fensterlüftung im NEH als im PH.



Raumluft-Kohlendioxidgehalt



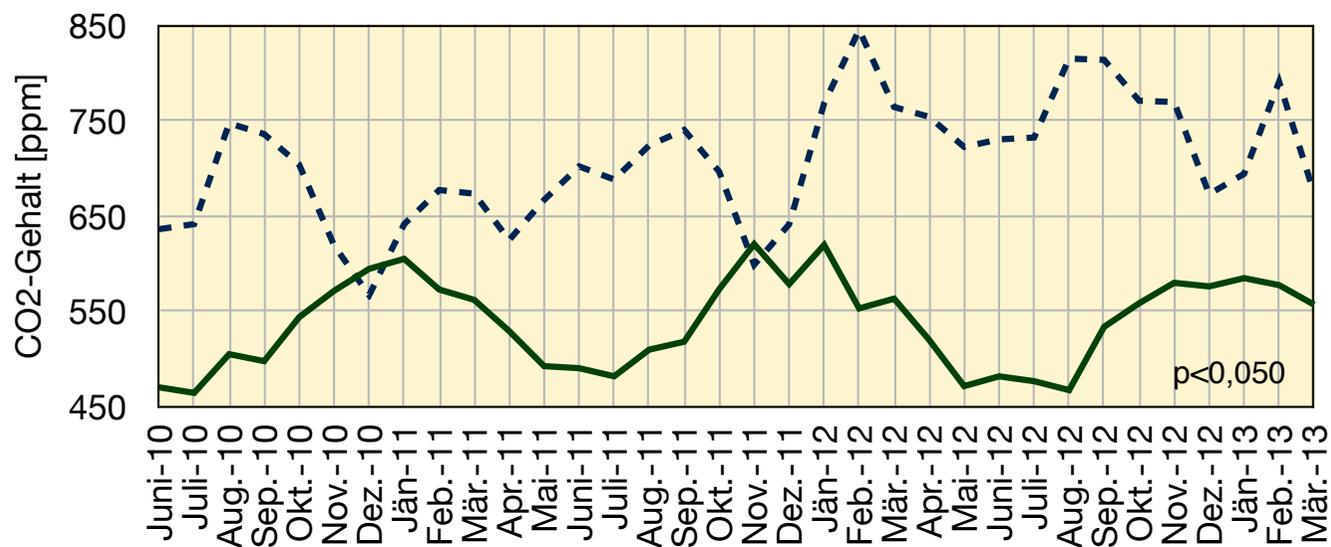
Wohnzimmer 06/10-03/13

$M_P=538\text{ppm}$ $\min_P=463\text{ppm}$ $\max_P=620\text{ppm}$

$M_N=556\text{ppm}$ $\min_P=415\text{ppm}$ $\max_P=798\text{ppm}$

Innen-Aussen $Kor_P=-0,074$

Innen-Aussen $Kor_N=0,402$



Wohnzimmer 06/10-03/13 (inkl. Raucher)

$M_P=538\text{ppm}$ $\min_P=464\text{ppm}$ $\max_P=620\text{ppm}$

$M_N=707\text{ppm}$ $\min_P=567\text{ppm}$ $\max_P=846\text{ppm}$

Innen-Aussen $Kor_P=-0,074$

Innen-Aussen $Kor_N=0,212$

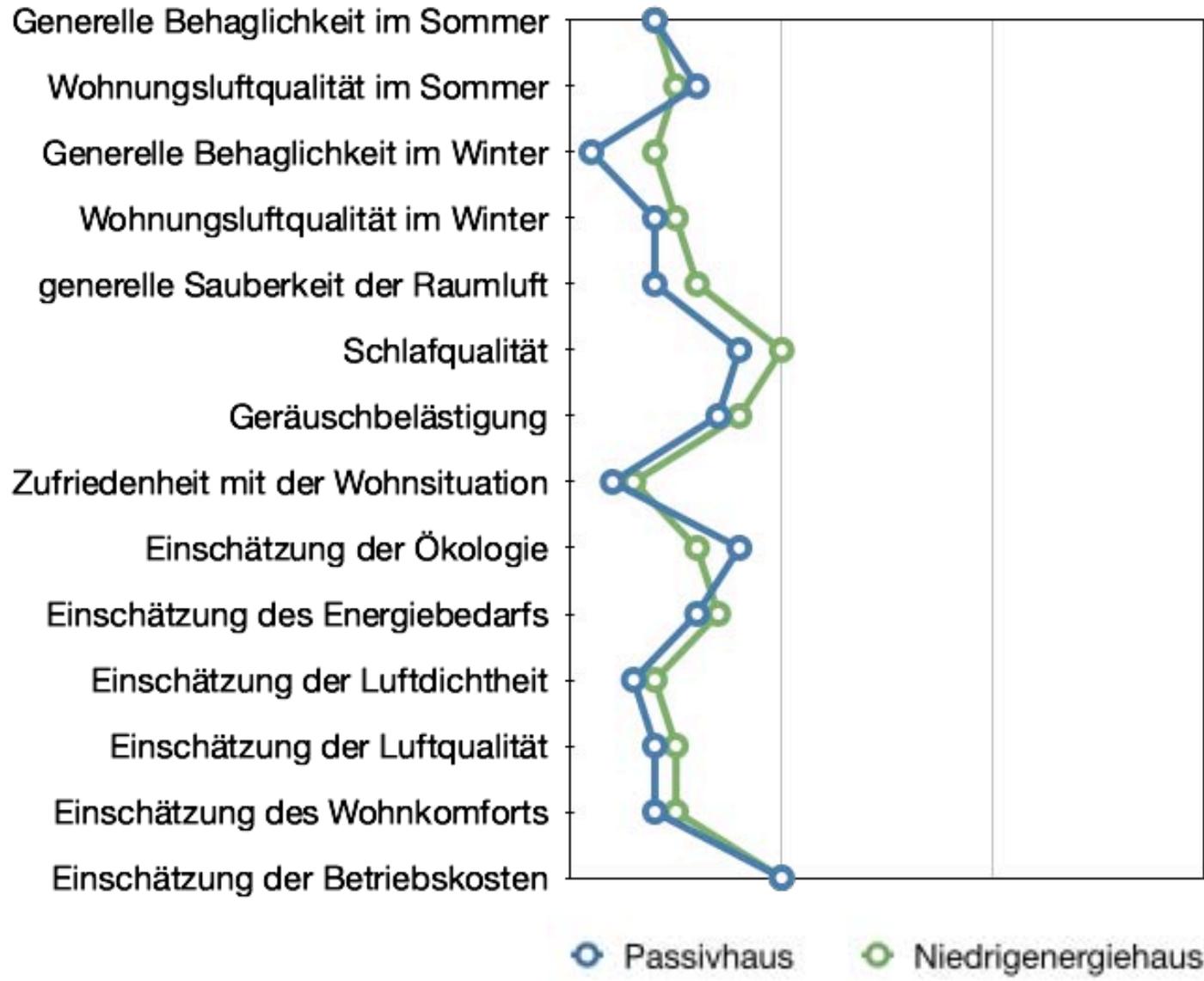
im NH herrscht eine höherer Kohlendioxidgehalt vor als im PH

(Monatsmittelwerte)

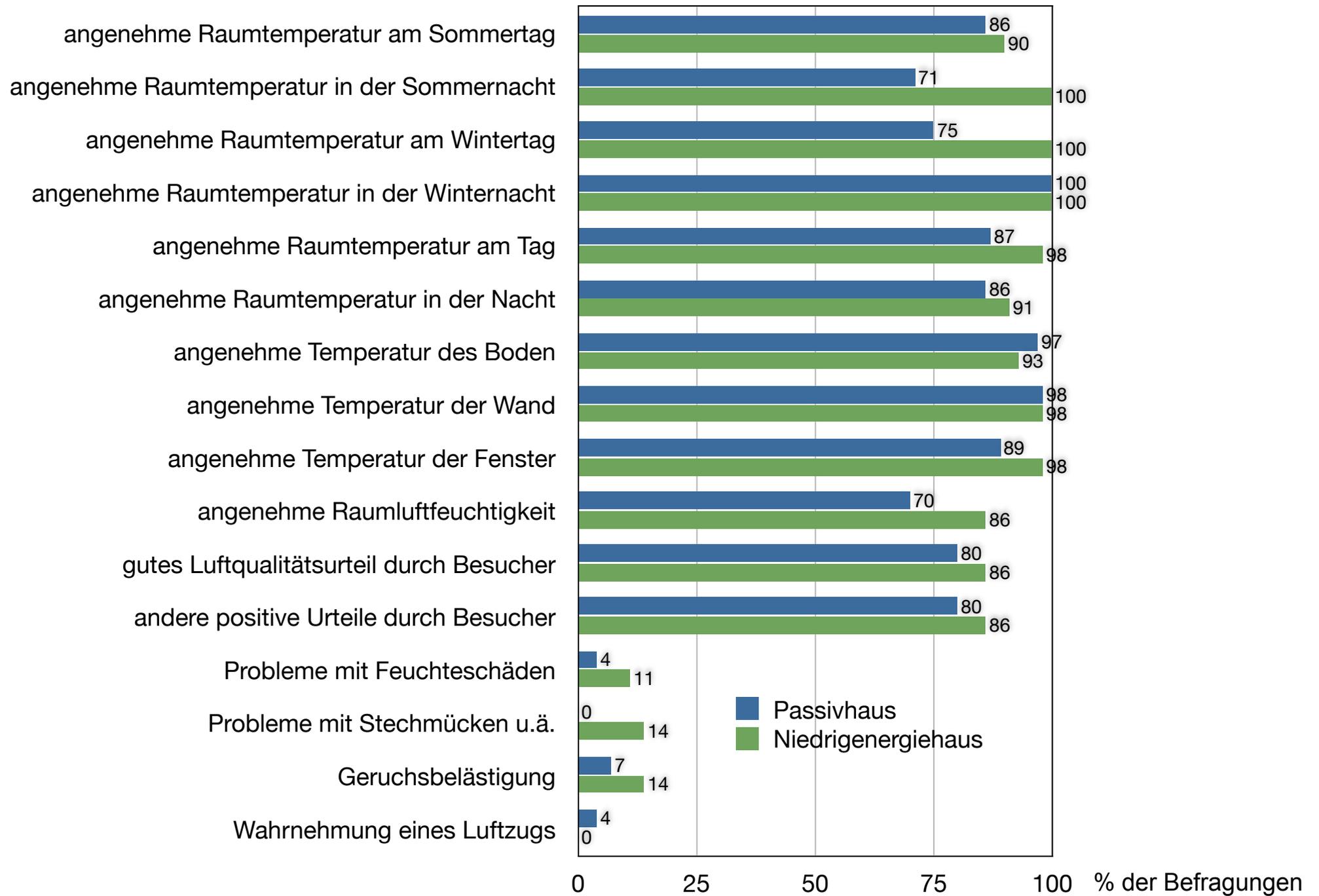
Die Behaglichkeitsgrenze von 1000 ppm Kohlendioxidkonzentration wird im Passivhaus in 0,4 % des Erfassungszeitraums überschritten und im Niedrigenergiehaus (mit dem Raucher) in 0,6 % des Erfassungszeitraums.

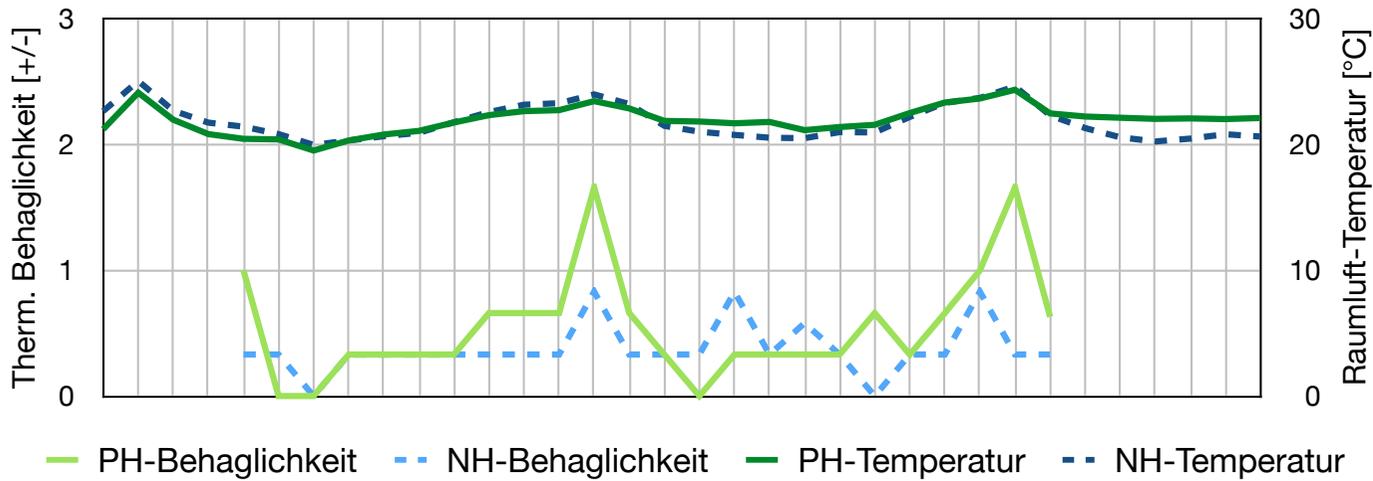
Subjektiver Wohnkomfort (kein Unterschied zwischen PH und NEH in monatlichen Befragungen)

sehr zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden nicht zufrieden



Subjektiver Wohnkomfort (kein Unterschied zwischen PH und NEH in monatlichen Befragungen)





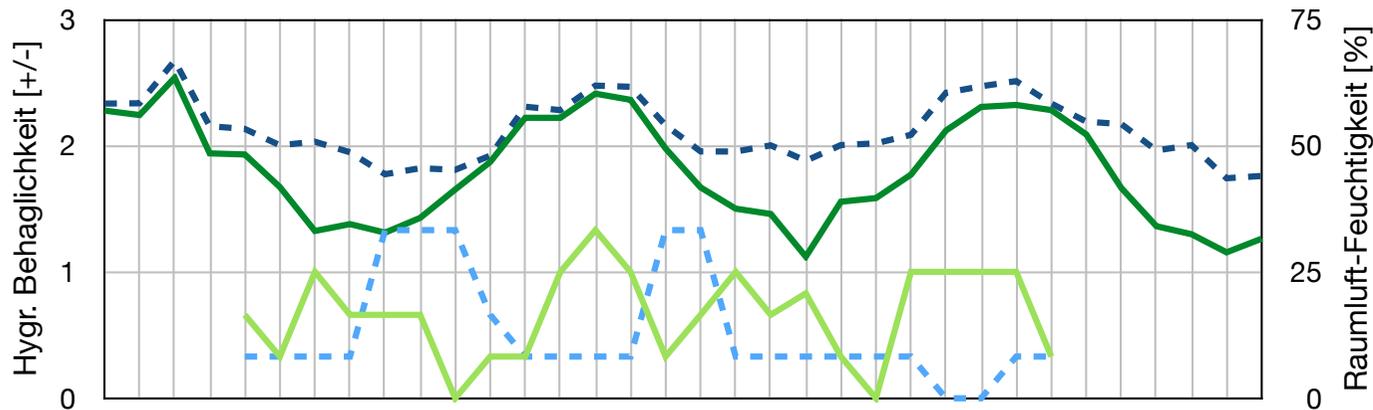
Vergleich subjektive & objektive Bewertung

Gesamte Wohnung 06/10-03/13

$Kor_{P-P}=0,702^{**}$

$Kor_{N-N}=0,318$

höhere Raumlufttemperatur im PH korreliert mit geringerem Wohnkomfort

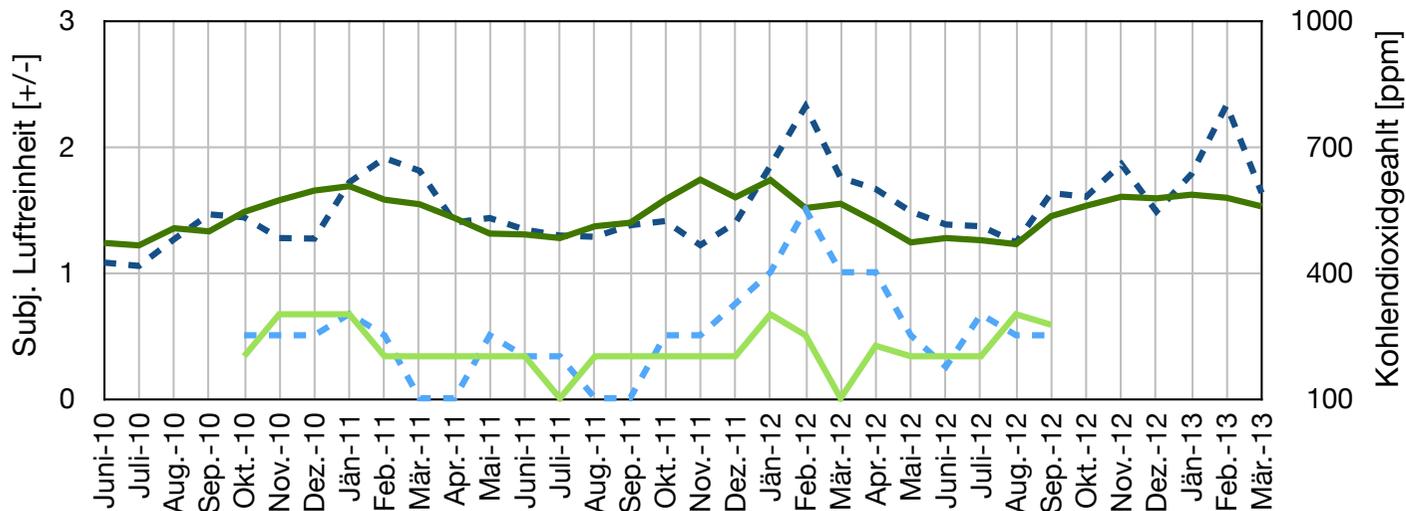


Gesamte Wohnung 06/10-03/13

$Kor_{P-P}=0,243$

$Kor_{N-N}=-0,567^*$

niedrigere Raumlufffeuchte im NH korreliert mit geringerem Wohnkomfort

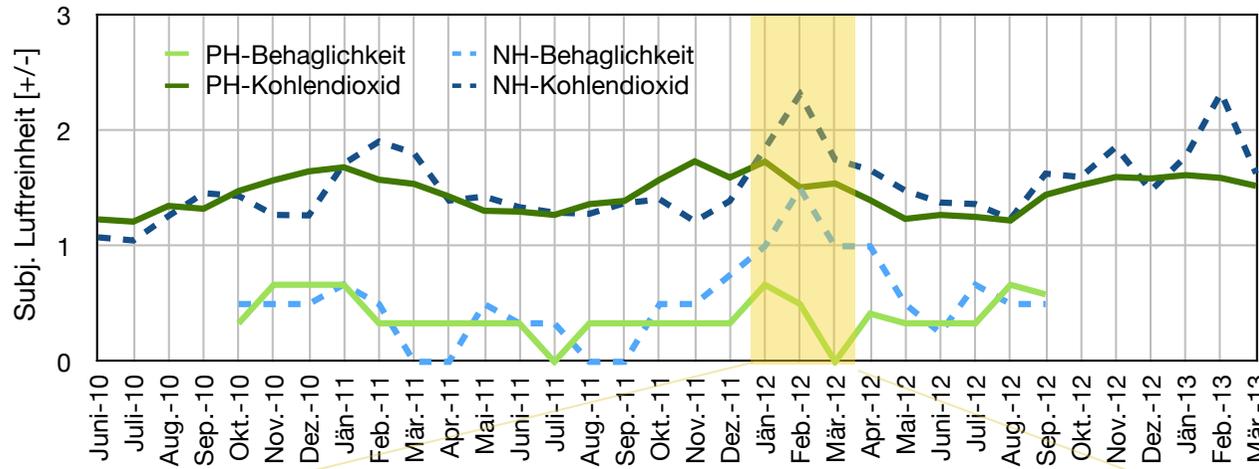


Gesamte Wohnung 06/10-03/13

$Kor_{P-P}=0,319$

$Kor_{N-N}=0,604^*$

höherer Kohlendioxidgehalt im NH korreliert mit geringerem Wohnkomfort



Kohlendioxidgehalt [ppm]

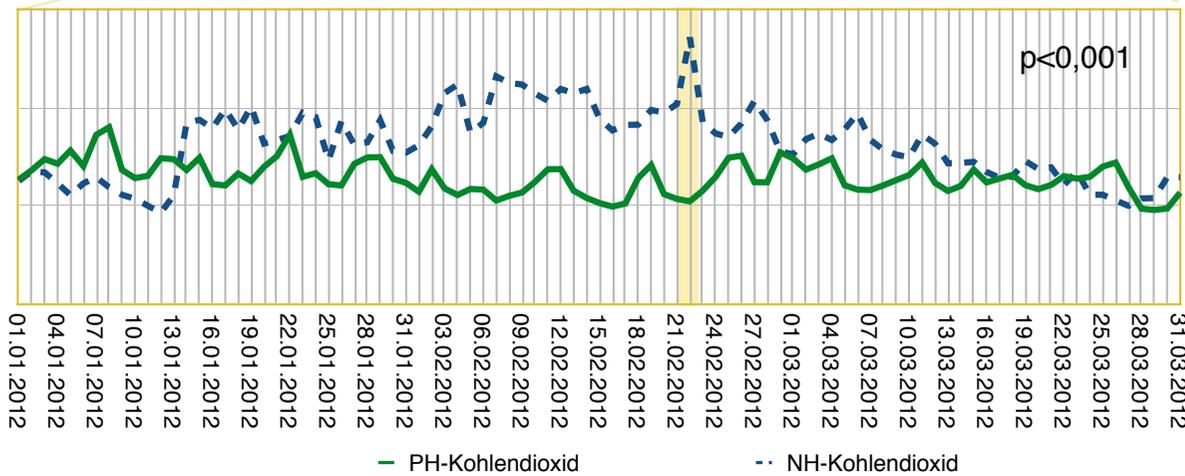
Kohlendioxid & Schlafqualität

06/10-03/13

$Kor_P=0,319$

$Kor_N=0,604^*$

höherer Kohlendioxidgehalt im NH korreliert mit geringerer Schlafqualität



Kohlendioxidkonzentration
Raumluft-Kohlendioxid [ppm]

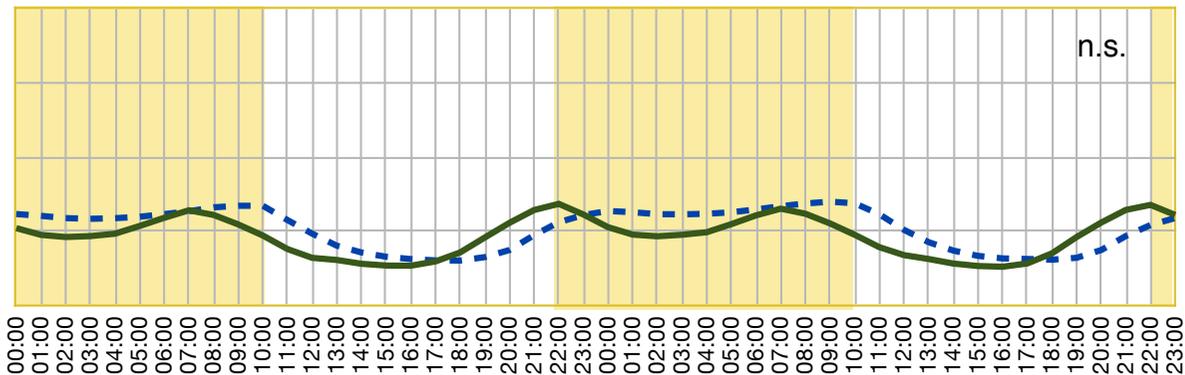
Kohlendioxidkonzentration

01/12-03/12

$M_P=586,37$ ppm

$M_N=688,85$ ppm

im NH herrscht von 01/12-03/12 ein höherer Kohlendioxidgehalt vor als im PH



Kohlendioxidkonzentration
Raumluft-Kohlendioxid [ppm]

Kohlendioxidkonzentration

48 Stunden Mittelung 06/10-03/13

$M_P=544,05$ ppm

$M_N=553,57$ ppm

im NH herrscht ein vergleichbarer Tag/Nacht-Wechsel im Kohlendioxidgehalt vor wie im PH

Zusammenfassung

- Luftfeuchtigkeit und Kohlendioxidgehalt im PH unterscheiden sich nur in den Wintermonaten vom NEH, die Werte zu anderen Jahreszeiten und die Lufttemperatur generell sind vergleichbar
- trotz der Unterschiede ist der subjektive Wohnkomfort im PH und NEH ähnlich hoch (Note 1,7 auf der Schulnotenskala)
- PH-BewohnerInnen reagieren sensibel auf Temperaturschwankungen (20-24°C), nicht jedoch auf Schwankungen in der Luftfeuchte (28-63%) und im Kohlendioxidgehalt (464-620ppm)

