

Feuchte in Niedrigenergiebauten

Ergänzende Simulationsvarianten zur Ermittlung des Einflusses der Feuchterückgewinnung 4. Dezember 2007

Impressum

Auftraggeber	Bundesamt für Energie	
Auftragnehmer	HTA Luzern Zentrum für Integrale Gebäudetechnik Technikumstrasse 21 CH-6048 Horw	
Verfasser	Sven Moosberger	Dr., dipl. Physiker
Verteiler	Beat Frei Beilage zum BFE Schlussbericht	intern Projektleiter
Filename (inkl. Version)	Bericht_Feu NEB_Simulationen_v2.3.doc	

Zusammenfassung

Dieser Bericht ergänzt den Bericht [1]. Er befasst sich mit der Frage, durch welche Massnahme in einem Niedrigenergiehaus mit kontrollierter Wohnungslüftung das Problem von zu trockener Luft im Winter reduziert oder gar behoben werden kann. Mittels dynamischer Gebäudesimulation wird die Raumlufffeuchte verschiedener Systeme verglichen. Im Bericht [1] werden lediglich Systeme mit konstantem Luftvolumenstrom mit solchen verglichen, bei denen die Zuluft nach dem CO₂-Gehalt der Raumluff geregelt wird (Varianten 1-7). Neue Simulationsvarianten ergänzen diesen Vergleich mit Systemen mit Feuchterückgewinnung, sowie mit deutlich unterbelegten Haushalten, wie sie in der Praxis nicht selten vorkommen. Schlussendlich ergaben sich mit allen Kombinationen 20 Varianten:

	EBF	Person enzahl	Feuchte- kapazität	Regel- strategie	Feuchterück- gewinnung
Variante 1: PZ 4, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	4	ohne	CO ₂	ohne
Variante 1 mit Infiltration : PZ 4, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	4	ohne	CO ₂	ohne
Variante 2: PZ 4, FK mittel, RS CO ₂	160 m ²	4	mittel	CO ₂	ohne
Variante 3: PZ 4, FK hoch, RS CO ₂	160 m ²	4	hoch	CO ₂	ohne
Variante 4: PZ 2, FK mittel, RS CO ₂	80 m ²	2	mittel	CO ₂	ohne
Variante 5: PZ 1, FK mittel, RS CO ₂	80 m ²	1	mittel	CO ₂	ohne
Variante 6: PZ 4, FK mittel, RS CO ₂ /H ₂ O	160 m ²	4	mittel	CO ₂ /H ₂ O	ohne
Variante 7: PZ 4, FK mittel, RS konstant	160 m ²	4	mittel	konstant	ohne
Variante 8: PZ 4, FK mittel, RS konstant, FRG rot	160 m ²	4	mittel	konstant	Rotor
Variante 9: PZ 4, FK ohne, RS konstant	160 m ²	4	ohne	konstant	ohne
Variante 10: PZ 4, FK ohne, RS konstant, FRG rot	160 m ²	4	ohne	konstant	Rotor
Variante 11: PZ 4, FK ohne, RS konstant, FRG memb	160 m ²	4	ohne	konstant	Membrane
Variante 12alt: PZ 2, FK ohne, RS CO ₂	80 m ²	2	ohne	CO ₂	ohne
Variante 13alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant	80 m ²	2	ohne	konstant	ohne
Variante 14alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant, FRG rot	80 m ²	2	ohne	konstant	Rotor
Variante 15alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant, FRG memb	80 m ²	2	ohne	konstant	Membrane
Variante 12: PZ 2*, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	2	ohne	CO ₂	ohne
Variante 13: PZ 2*, FK ohne, RS konstant	160 m ²	2	ohne	konstant	ohne
Variante 14: PZ 2*, FK ohne, RS konstant, FRG rot	160 m ²	2	ohne	konstant	Rotor
Variante 15: PZ 2*, FK ohne, RS konstant, FRG memb	160 m ²	2	ohne	konstant	Membrane
Variante 16: PZ 4, FK mittel, RS konstant, FRG memb	160 m ²	4	mittel	konstant	Membrane
Variante 17: PZ 2*, FK mittel, RS CO ₂	160 m ²	2	mittel	CO ₂	ohne
Variante 18: PZ 2*, FK mittel, RS konstant	160 m ²	2	mittel	konstant	ohne
Variante 19: PZ 2*, FK mittel, RS konstant, FRG rot	160 m ²	2	mittel	konstant	Rotor
Variante 20: PZ 2*, FK mittel, RS konstant, FRG memb	160 m ²	2	mittel	konstant	Membrane

Tabelle 1: Simulationsvarianten (die hinterlegten Felder markieren die 2x4x2 = 16 Varianten, welche für die Untersuchung des Einflusses von Feuchtespeicherung (2 Varianten), Lüftungsstrategie (4 Varianten) und Personenbelegung (2 Varianten) interessieren).

Die **Resultate** werden in Kapitel 4 zusammengefasst dargestellt. Dabei erweist sich die Feuchterückgewinnung als die sicherere und planerisch einfachere Methode, im Winter die Raumluftfeuchte genügend hoch zu halten. Sie birgt jedoch die Gefahr, dass damit weiterhin auch unsorgfältig geplante Lüftungssysteme realisiert und mit überdimensioniertem Luftvolumenstrom betrieben werden können. Eine grössere Herausforderung stellt die bedarfsgesteuerte Zuluftregelung dar, welche nur bei sorgfältiger Planung zum Erfolg führt, dafür aber weitere Vorteile bietet (geringere Kontaminationsrisiken, geringerer Stromverbrauch, sanfterer Betrieb, weniger Wartungsaufwand). Dabei stellen sich folgende projektspezifische Fragen:

- Wo soll der CO₂-Fühler angebracht werden?
- Nach welcher Strategie soll geregelt werden?
- Was würde eine Einzelraum-Regulierung für Zusatznutzen bringen?
- Wie soll in der Nacht die Zuluft der Schlafzimmer geregelt sein (CO₂ vs. Feuchte)?
- Ist genügend Feuchtespeicherkapazität vorhanden?

Die dynamische Gebäudesimulation stellt sich als unentbehrliches Hilfsmittel für die Optimierung einer CO₂-Regelung heraus. Eine solche muss flexibel auf den CO₂-Bedarf (abhängig von der Personenbelegung) und das Feuchteangebot (abhängig vom Benutzerverhalten allgemein) reagieren können. So erweist sich beispielsweise das Ausschalten der CO₂-Regelung während der Nacht im Fall einer Unterbelegung des berechneten Einfamilienhauses als sehr nachteilig, was aus den Simulationsresultaten deutlich hervorgeht.

Eine weiterführende interessante Fragestellung ist die, ob es mit geeignetem Wandaufbau gelingen würde, eine saisonale Feuchtespeicherung zu erreichen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Situation	1
1.2	Fragestellung	1
2.	Vorgehen	2
2.1	Methode	2
3.	Modell	3
3.1	Feuchterückgewinnung	3
3.2	Neue Fahrpläne für unterbelegte 4-Personen-Wohneinheit	4
4.	Resultate	6
4.1	Variantenvergleich für 4 Bewohner	6
4.2	Variantenvergleich für 2 arbeitende Bewohner	10
	Literatur	12

1. Einleitung

1.1 Situation

Mittels kontrollierter Wohnungslüftung können dank Wärmerückgewinnung die winterlichen Wärmeverluste auch bei hohen Aussenluft-Wechselraten in Grenzen gehalten werden. Dies führt dazu, dass die Frischluftversorgung aus thermischen Gründen nur selten eingeschränkt werden muss und deshalb oft konstant auf dem maximalen Bedarf betrieben wird. Die ursprünglich kalte Aussenluft wird aber nach Erwärmung auf Innentemperatur sehr trocken und nicht selten zu trocken.

Im Auftrag der Firma drexel und weiss wurden mittels dynamischer Gebäudesimulation für 7 verschiedene Wohnungsvarianten das Verhalten der relativen Raumluftfeuchte im Winter untersucht (siehe [1]). Die Varianten unterscheiden sich in Wohnfläche, Personenzahl und Nutzungsprofil sowie in der Feuchtespeicherkapazität der Wände und der Regelstrategie der Lüftung wie folgt:

- Personenzahl PZ 4, 2, 1
- Feuchtespeicherkapazität FK hoch, mittel, ohne
- Regelstrategie RS nach CO₂ oder nach CO₂ und Feuchte (CO₂/H₂O) oder unregelt (konstant)

Es konnte gezeigt werden, dass die Feuchtespeicherkapazität der Wandoberflächen eine entscheidende Rolle spielt und dass nur mit einer richtigen Lüftungsregelung (nach CO₂-Gehalt der Luft) der Feuchtebedarf im Winter mit der üblicherweise anstehenden Feuchteproduktion (Personen, Pflanzen, Kochen, Duschen, Wäschetrocknen) gedeckt werden kann.

1.2 Fragestellung

Als alternative Strategie zum bedarfsgeregelten Luftvolumenstrom soll nun in weiteren Varianten untersucht werden, wie effizient mit einer Feuchterückgewinnung im Lüftungsgerät dem Problem von zu trockener Raumluft im Winter entgegengewirkt werden kann.

Die verschiedenen Lüftungsstrategien sollen mit und ohne Feuchtespeicherung, sowie mit normaler Belegung und Unterbelegung des 160-m²-Einfamilienhauses untereinander verglichen werden.

Ausserdem sollen die Resultate der Varianten ohne Feuchtespeicherung mit denjenigen einer statischen Berechnung (nach Methode A. Tschui) verglichen werden. Auf diesen Vergleich wird in diesem Bericht jedoch nicht eingegangen. Siehe dazu deshalb Gesamt-Schlussbericht [2].

2. Vorgehen

2.1 Methode

Die Resultate aus 13 weiteren Zusatzvarianten 8-20 werden mit denjenigen aus den bereits durchgeführten Varianten 1-7 verglichen:

	EBF	Personenzahl	Feuchtekapazität	Regelstrategie	Feuchterückgewinnung
Variante 1: PZ 4, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	4	ohne	CO ₂	ohne
Variante 1 mit Infiltration : PZ 4, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	4	ohne	CO ₂	ohne
Variante 2: PZ 4, FK mittel, RS CO ₂	160 m ²	4	mittel	CO ₂	ohne
Variante 3: PZ 4, FK hoch, RS CO ₂	160 m ²	4	hoch	CO ₂	ohne
Variante 4: PZ 2, FK mittel, RS CO ₂	80 m ²	2	mittel	CO ₂	ohne
Variante 5: PZ 1, FK mittel, RS CO ₂	80 m ²	1	mittel	CO ₂	ohne
Variante 6: PZ 4, FK mittel, RS CO ₂ /H ₂ O	160 m ²	4	mittel	CO ₂ /H ₂ O	ohne
Variante 7: PZ 4, FK mittel, RS konstant	160 m ²	4	mittel	konstant	ohne
Variante 8: PZ 4, FK mittel, RS konstant, FRG rot	160 m ²	4	mittel	konstant	Rotor
Variante 9: PZ 4, FK ohne, RS konstant	160 m ²	4	ohne	konstant	ohne
Variante 10: PZ 4, FK ohne, RS konstant, FRG rot	160 m ²	4	ohne	konstant	Rotor
Variante 11: PZ 4, FK ohne, RS konstant, FRG memb	160 m ²	4	ohne	konstant	Membrane
Variante 12alt: PZ 2, FK ohne, RS CO ₂	80 m ²	2	ohne	CO ₂	ohne
Variante 13alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant	80 m ²	2	ohne	konstant	ohne
Variante 14alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant, FRG rot	80 m ²	2	ohne	konstant	Rotor
Variante 15alt: PZ 2, FK ohne, RS konstant, FRG memb	80 m ²	2	ohne	konstant	Membrane
Variante 12: PZ 2*, FK ohne, RS CO ₂	160 m ²	2	ohne	CO ₂	ohne
Variante 13: PZ 2*, FK ohne, RS konstant	160 m ²	2	ohne	konstant	ohne
Variante 14: PZ 2*, FK ohne, RS konstant, FRG rot	160 m ²	2	ohne	konstant	Rotor
Variante 15: PZ 2*, FK ohne, RS konstant, FRG memb	160 m ²	2	ohne	konstant	Membrane
Variante 16: PZ 4, FK mittel, RS konstant, FRG memb	160 m ²	4	mittel	konstant	Membrane
Variante 17: PZ 2*, FK mittel, RS CO ₂	160 m ²	2	mittel	CO ₂	ohne
Variante 18: PZ 2*, FK mittel, RS konstant	160 m ²	2	mittel	konstant	ohne
Variante 19: PZ 2*, FK mittel, RS konstant, FRG rot	160 m ²	2	mittel	konstant	Rotor
Variante 20: PZ 2*, FK mittel, RS konstant, FRG memb	160 m ²	2	mittel	konstant	Membrane

Tabelle 2: Simulationsvarianten (die hinterlegten Felder markieren die 2x4x2 = 16 Varianten, welche für die Untersuchung des Einflusses von Feuchtespeicherung (2 Varianten), Lüftungsstrategie (4 Varianten) und Personenbelegung (2 Varianten) interessieren).

Um den Vergleich mit der statischen Berechnung nach Methode A. Tschui zu ermöglichen, wird in den Varianten 9-15 ohne Feuchtespeicherung gerechnet. Um maximale Praxisrelevanz zu erhalten, werden alle Varianten auch mit einer zu erwartenden mittleren Feuchtespeicherungskapazität berechnet (Varianten 2, 7, 8 und 16-20). Gerechnet wird jeweils ein ganzes Jahr und die Resultate werden in Stundenschritten ausgewiesen.

3. Modell

3.1 Feuchterückgewinnung

Die Fragen sollen mittels thermisch-hygrischer Raumsimulation beantwortet werden. Dabei kommt das dynamische Simulationsprogramm **IDA ICE**, ergänzt mit dem thermisch-hygrischen Wandmodell **HAMWall**, zur Anwendung (siehe [1]).

Um die Feuchterückgewinnung im Simulationsmodell zu berücksichtigen, wird im Wärmetauscher-Modell **HXSimCtr** die Feuchte in der Zuluft wie folgt angehoben:

$$\text{FeuchteZuluftMit} = \text{FeuchteZuluftOhne} + \eta_w * (\text{FeuchteAbluft} - \text{FeuchteZuluftOhne})$$

Dabei hängt die Feuchterückgewinnzahl η_w wie folgt von der Aussentemperatur ab:

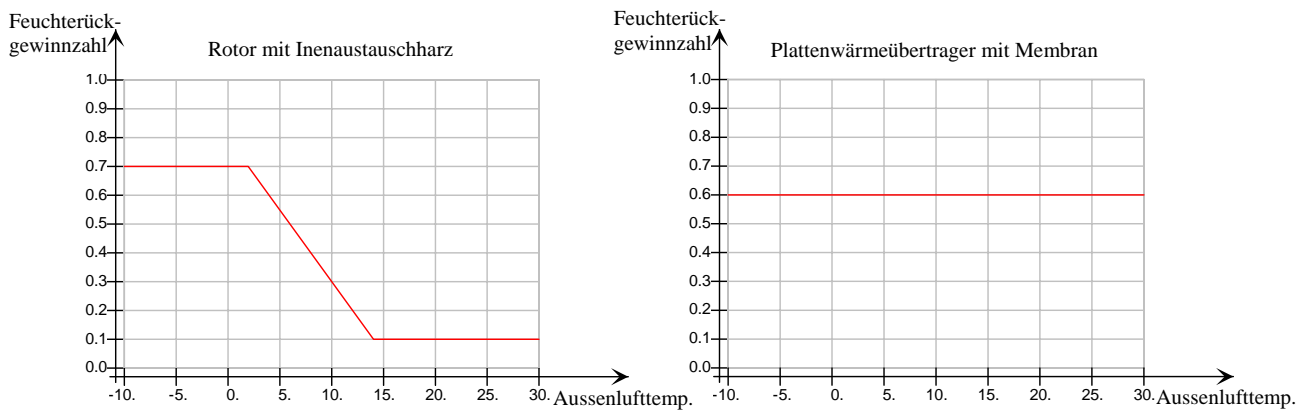
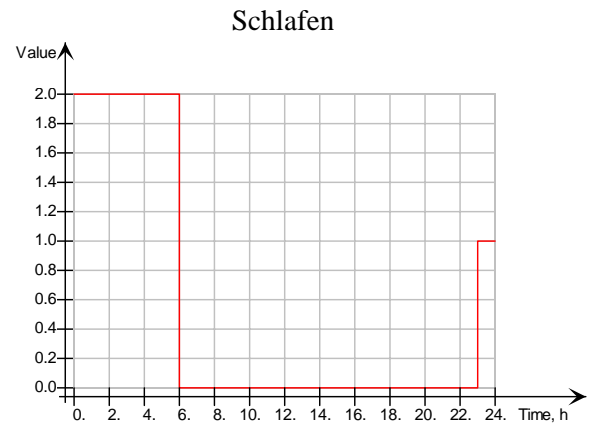
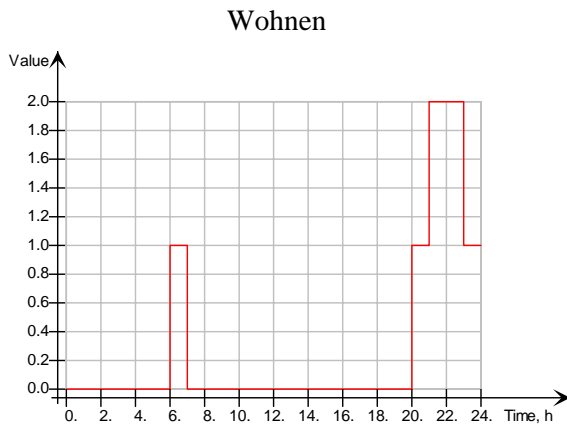


Abbildung 1: Feuchterückgewinnzahl (y-Achse) in Abhängigkeit der Aussentemperatur (x-Achse) für die Feuchterückgewinnung mittels Rotor mit Ionenaustauscharz (links) bzw. Plattenwärmeübertrager mit Membran (rechts).

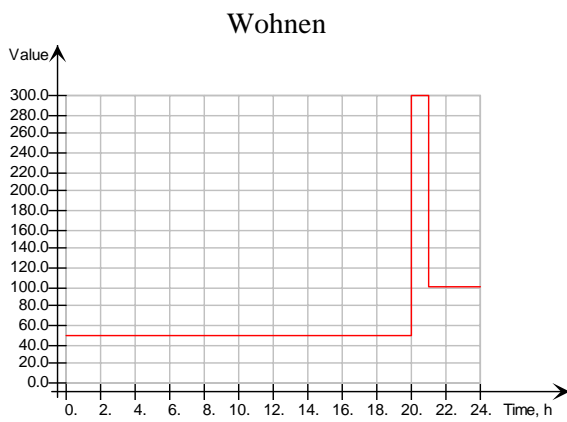
3.2 Neue Fahrpläne für unterbelegte 4-Personen-Wohneinheit

Für die Geometrie der 4-Personen-Wohneinheit (160 m², siehe [1]) werden neue Fahrpläne für 2 auswärts arbeitende Personen definiert:

3.2.1 Personenanwesenheiten



3.2.2 Gerätelasten



Alle anderen Zonen (Büro wie Zimmer 1 und 2) bleiben dauernd unbelegt

3.2.3 Feuchtequellen

Verursacher	[g/h]	[g/Tag]	-> [h/Tag]
Mensch im Schlaf (0.7 met)	45	585	13
Mensch am Tag (1.2 met)	65	455	7
Kochen	400	600	1.5
Baden und duschen	1'000	500	0.5
Pflanzen	0	0	0
Wäsche trocknen	75	1x/Wo 300	4
Total ohne Wäsche		2'140	
Total Washtag		2'440	

Tabelle 3: Feuchtigkeitsabgaben in der unterbelegten Wohnung

Die Feuchteabgabe durch Personen wird in der Simulation mit dem Anwesenheitsfahrplan berücksichtigt. Alle anderen Feuchtequellen benötigen einen eigenen Fahrplan. Die Zeiten der Feuchteabgabe sind:

- Kochen 21:00 - 22:30
- Baden, duschen 06:50 - 07:00 und 22:40 - 23:00
- Wäsche trocknen Samstag 00:00 - 04:00

Man beachte: Die Feuchteabgabe ist auch hier nicht so knapp wie möglich definiert. In einem typischen Single-Haushalt kann diese Abgabe weiter dramatisch sinken. Wird beispielsweise gar nicht gekocht und gewaschen und stehen auch keine Pflanzen in der Wohnung, so kann die Feuchteproduktion ohne weiteres auch auf die Hälfte und noch tiefer sinken.

4. Resultate

4.1 Variantenvergleich für 4 Bewohner

Das System mit Feuchterückgewinnung zeigt noch einmal ein deutlich besseres Feuchteverhalten der Raumluft gegenüber dem System mit Zuluftregelung nach CO₂. Dabei gilt in unserem Beispiel die Faustregel, dass im Winter die Zuluftregelung die relative Raumfeuchte um etwa 5 % erhöht, die Feuchterückgewinnung je nach Verfahren um 10-15 % (siehe obere Grafik in Abbildung 2).

Bei einer Bauweise ohne Feuchtespeicherungskapazität in der Wandoberflächen reduziert sich der Nutzen der CO₂-Regelung, derjenige der Feuchterückgewinnung wird weiter erhöht (siehe untere Grafik in Abbildung 2). Somit ist eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg eines Systems mit CO₂-geregeltem Luftvolumenstrom gegeben: Ein solches System funktioniert nur, wenn die Räume genügend Feuchte aufnehmen und zwischenspeichern können.

Auf den ersten Blick scheinen die Resultate für das Schlafzimmer (siehe Abbildung 3) sich nicht wesentlich von denjenigen für das Wohnzimmer zu unterscheiden. Wesentlich für den Komfort ist jedoch nicht die Luftfeuchte an sich, sondern die Frage, wie lange sich die Bewohner in zu trockener Luft aufhalten. Das Mass dafür ist die Anzahl Personenstunden, während denen die Raumluftfeuchte unter einen kritischen Wert fällt. Nimmt man 30 % relative Luftfeuchte als kritische Grenze, so reduziert die CO₂-Regelung die Anzahl zu trockene Personenstunden im Monat Januar im Wohnzimmer von 113 auf 5, im Schlafzimmer jedoch nur von 90 auf 40 (siehe Tabelle 4).

Gründe, wieso die CO₂-Regelung im Schlafzimmer nicht gleich viel bringt wie im Wohnzimmer, gibt es zwei: Erstens wird während der Nacht in der Simulation die CO₂-Regelung ausgeschaltet und zweitens geschieht die zentrale Zuluftregelung in unserem Beispiel nach dem CO₂-Gehalt im Wohnzimmer. Mit geeigneten Massnahmen müsste es möglich sein, auch im Schlafzimmer die Zulufrate auf dem geforderten Minimum zu halten und damit zu trockene Luft ohne Feuchterückgewinnung erfolgreich zu vermeiden.

Gelingt es, mittels Zuluftregelung die Anzahl zu trockenen Stunden auf einem vertretbaren Minimum zu halten, so kann im Vergleich dazu die Feuchterückgewinnung nicht mehr als diese restlichen Stunden ebenfalls noch eliminieren (siehe Bereich Wohnen, Tabelle 4). Weil aber die CO₂-Regelung andere Vorteile bringt (Stromverbrauch der Lüftung, Wartungsaufwand), kann sich diese Massnahme durchaus lohnen.

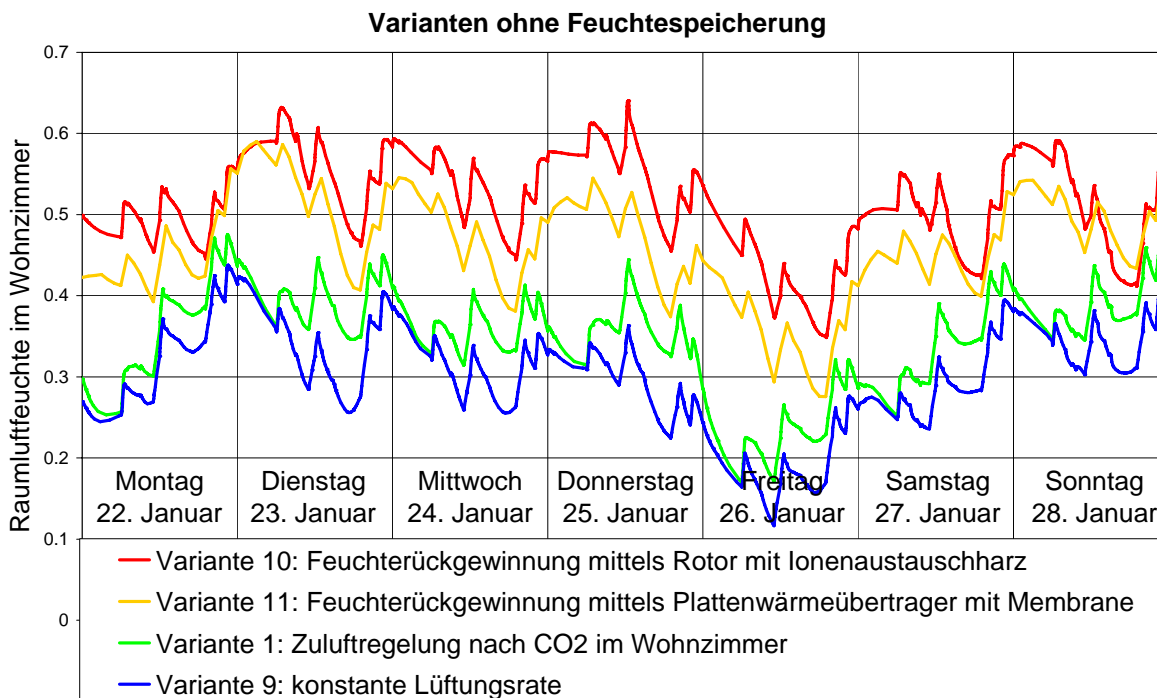
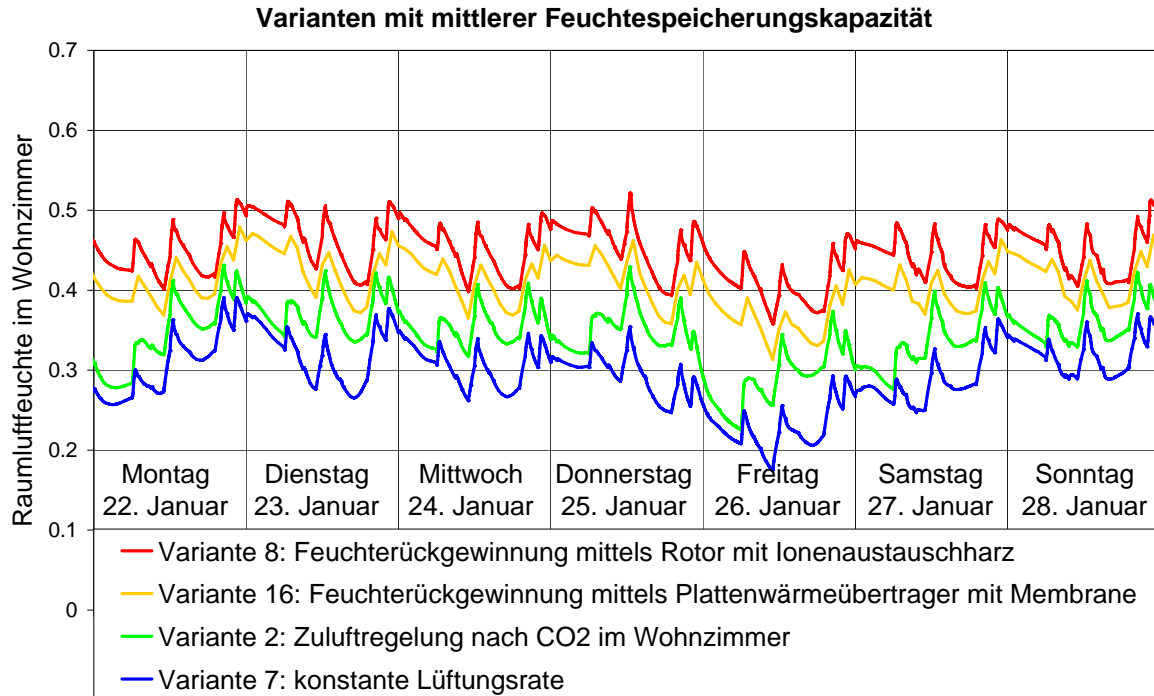


Abbildung 2: Variantenvergleich des Raumlufffeuchteverhaltens im Wohnzimmer bei mittlerer Feuchtespeicherungskapazität und ohne Feuchtespeicherung.

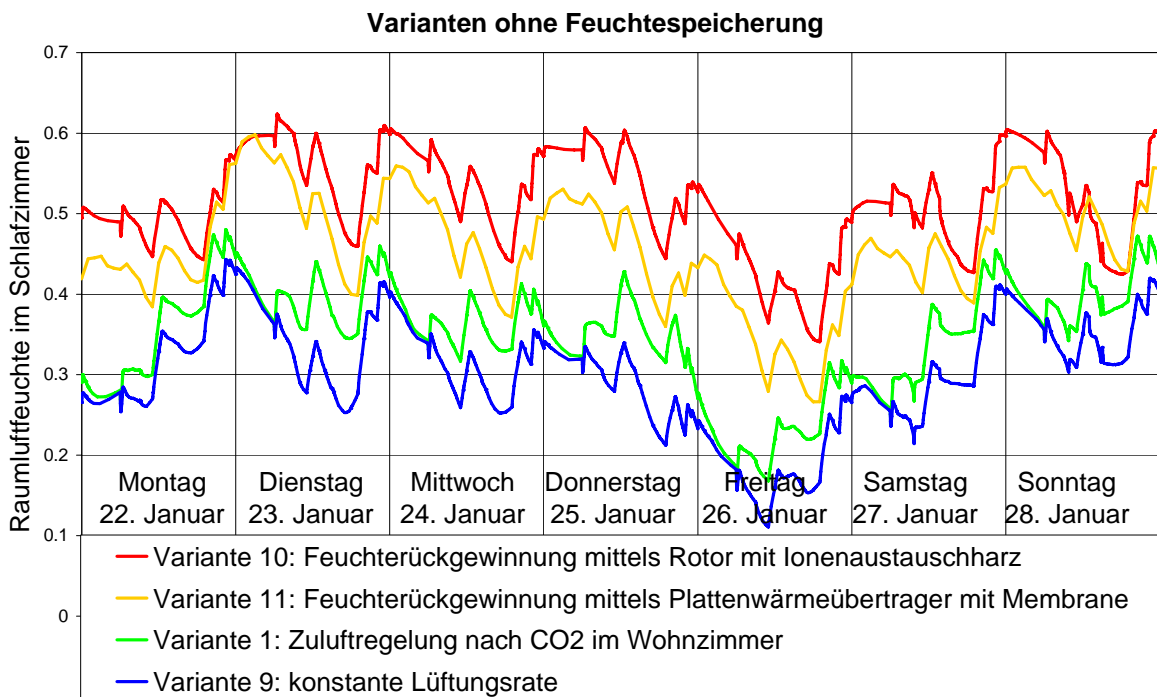
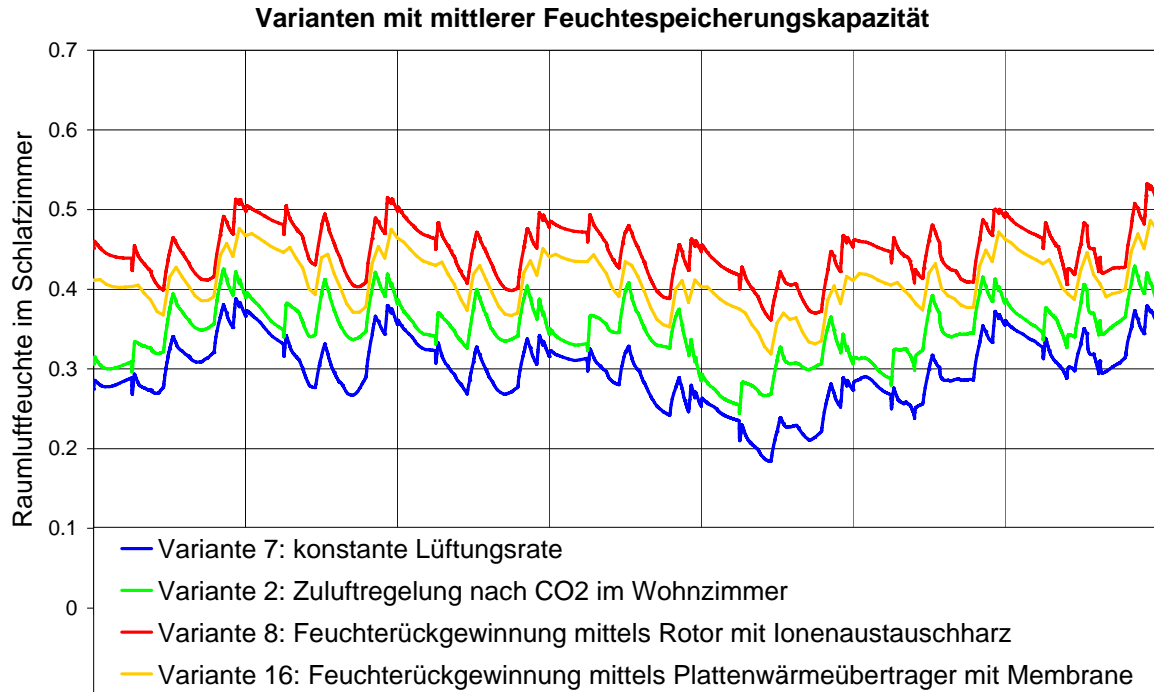


Abbildung 3: Variantenvergleich des Raumluftheuchteverhaltens im Schlafzimmer bei mittlerer Feuchtespeicherungskapazität und ohne Feuchtespeicherung.

		Variante 2 <small>PZ 4, FK mittel, RS CO₂</small>	Variante 7 <small>PZ 4, FK mittel, RS konstant</small>	Variante 8 <small>PZ 4, FK mittel, FRG rot</small>	Variante 16 <small>PZ 4, FK mittel, FRG memb</small>
Wohnen Januar	# Pers.Std. < 30 %	5	113	0	0
	Abweichung von V7	- 96 %	-	- 100 %	- 100 %
Schlafen Januar	# Stunden < 30 %	43	267	0	0
	Abweichung von V7	- 84 %	-	- 100 %	- 100 %
Schlafen Januar	# Pers.Std. < 30 %	40	90	0	0
	Abweichung von V7	- 56 %	-	- 100 %	- 100 %
Schlafen Januar	# Stunden < 30 %	28	242	0	0
	Abweichung von V7	- 88 %	-	- 100 %	- 100 %

Tabelle 4: Anzahl Personenstunden und Anzahl Stunden während des Monats Januar mit relativer Luftfeuchte unter 30 % für die Varianten mit mittlerer Feuchtespeicherungskapazität.

		Variante 1 <small>PZ 4, FK ohne, RS CO₂</small>	Variante 9 <small>PZ 4, FK ohne, RS konstant</small>	Variante 10 <small>PZ 4, FK ohne, FRG rot</small>	Variante 11 <small>PZ 4, FK ohne, FRG memb</small>
Wohnen Januar	# Pers.Std. < 30 %	38	137	0	4
	Abweichung von V9	- 72 %	-	- 100 %	- 97 %
Schlafen Januar	# Stunden < 30 %	110	259	0	7
	Abweichung von V9	- 58 %	-	- 100 %	- 97 %
Schlafen Januar	# Pers.Std. < 30 %	80	93	0	0
	Abweichung von V9	- 14 %	-	- 100 %	- 100 %
Schlafen Januar	# Stunden < 30 %	105	261	0	10
	Abweichung von V9	- 60 %	-	- 100 %	- 96 %

Tabelle 5: Anzahl Personenstunden und Anzahl Stunden während des Monats Januar mit relativer Luftfeuchte unter 30 % für die Varianten ohne Feuchtespeicherung.

4.2 Variantenvergleich für 2 arbeitende Bewohner

Wesentlich sensibler auf die Raumlufffeuchte reagiert das System bei deutlicher Unterbelegung und entsprechend stark reduzierter interner Feuchte-Produktion. Wir beschränken uns bei der Betrachtung der Resultate auf die Varianten mit mittlerer Feuchtespeicherungskapazität. Wiederum ist es schwierig, an Hand des Raumfeuchte-Verlaufs (Abbildung 4 und Abbildung 5) auf den ersten Blick eine Aussage über die Komfortbedingungen zu machen. Deutlich sichtbar wird aber bereits hier, dass das Ausschalten der CO₂-Regelung während der Nacht sich sehr negativ auswirkt (Angleichung der grünen Kurve an die blaue Kurve) und wie sich die Raumlufffeuchte jeweils nach dem Einschalten der CO₂-Regelung sehr schnell verbessert. Deutlich schlägt sich dieser Effekt in Tabelle 6 nieder: Im Bereich Wohnen erreicht das System mit CO₂-Regelung gar bessere Werte als das System mit Feuchterückgewinnung mittels Plattenwärmeüberträger mit Membran, im Bereich Schlafen hingegen (wo sich die Personen bei ausgeschalteter CO₂-Regelung aufhalten) sind die Werte deutlich schlechter (100 statt 20). Eine Optimierung der CO₂-Regelung unter Berücksichtigung von Feuchte und CO₂-Gehalt ist offensichtlich angebracht.

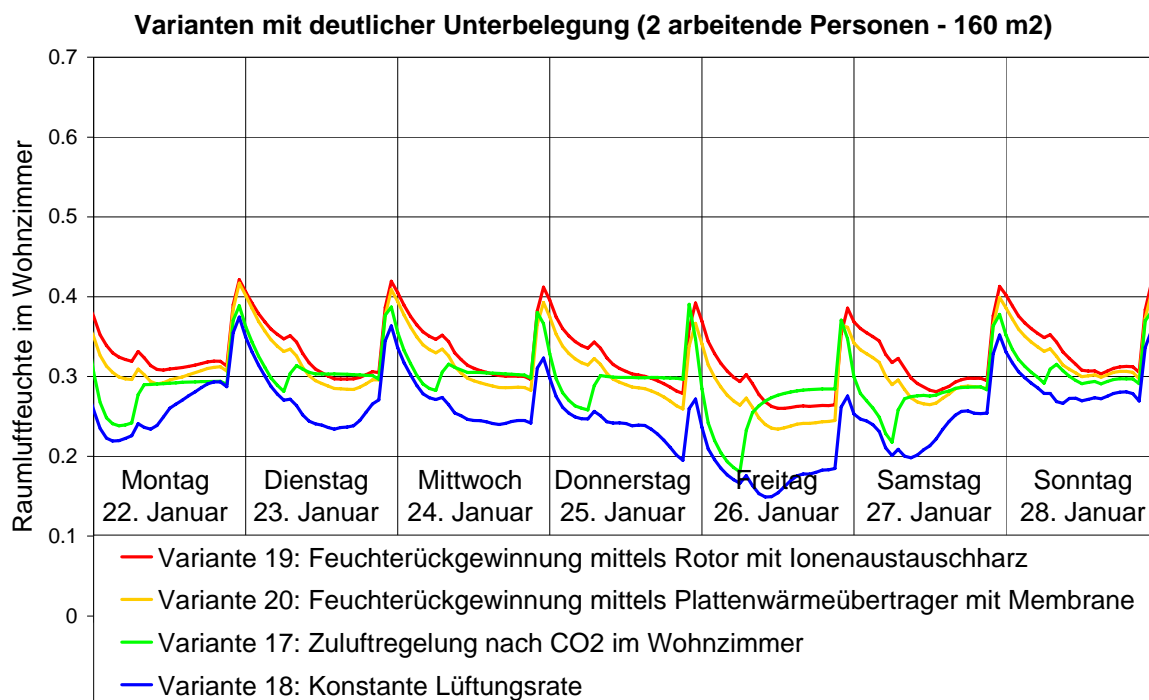


Abbildung 4: Variantenvergleich des Raumlufffeuchteverhaltens im Wohnzimmer bei mittlerer Feuchtespeicherungskapazität.

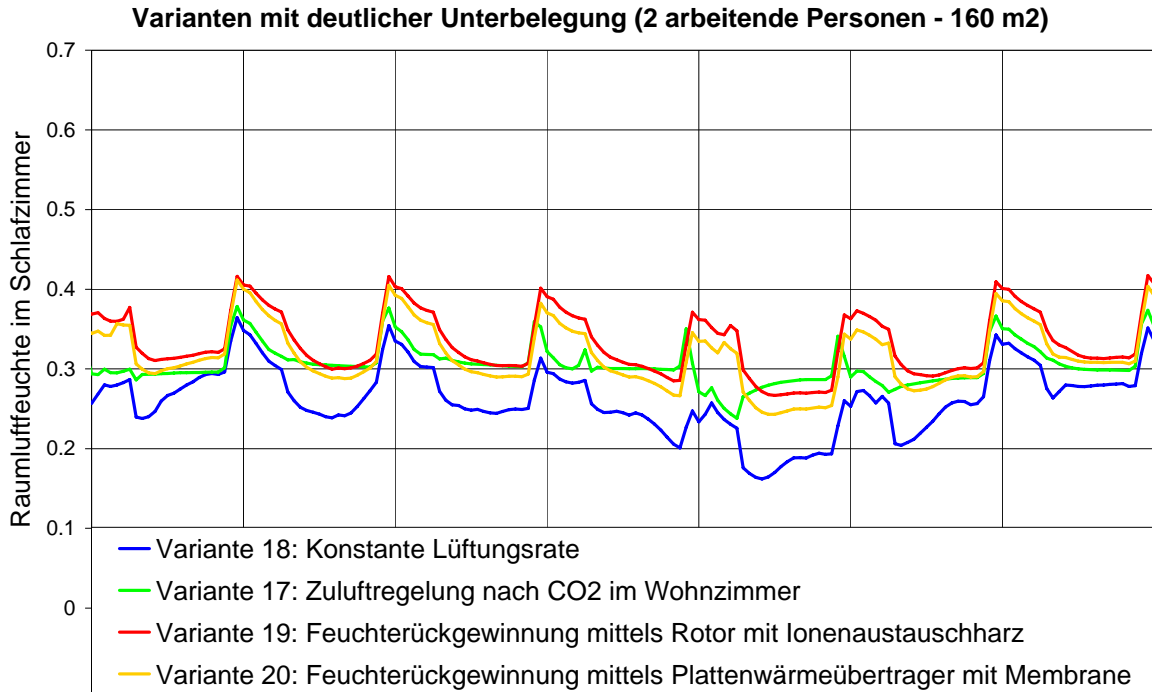


Abbildung 5: Variantenvergleich des Raumluftheuchteverhaltens im Schlafzimmer bei mittlerer Feuchtespeicherungskapazität.

		Variante 17 <small>PZ 2°, FK mittel, RS CO₂</small>	Variante 18 <small>PZ 2°, FK mittel, RS konstant</small>	Variante 19 <small>PZ 2°, FK mittel, FRG rot</small>	Variante 20 <small>PZ 2°, FK mittel, FRG memb</small>
Wohnen	# Pers.Std. < 30 %	56	131	36	64
	Abweichung von V18	- 57 %	-	- 72 %	- 51 %
Januar	# Stunden < 30 %	233	562	112	239
	Abweichung von V18	- 59 %	-	- 80 %	- 57 %
Schlafen	# Pers.Std. < 30 %	100	194	8	20
	Abweichung von V18	- 48 %	-	- 96 %	- 90 %
Januar	# Stunden < 30 %	144	505	74	193
	Abweichung von V18	- 71 %	-	- 85 %	- 162 %

Tabelle 6: Anzahl Personenstunden und Anzahl Stunden während des Monats Januar mit relativer Luftfeuchte unter 30 % für die Varianten mit mittlerer Feuchtespeicherungskapazität.

Literatur

- [1] Sven Moosberger; „Feuchte in Niedrigenergiebauten - Thermisch-hygrische Raumsimulation zur Ermittlung des Einflusses der Lüftungsstrategie auf die Raumlufefeuchte“; HTA Luzern 2007.
- [2] Beat Frei; „Feuchte in Niedrigenergiebauten - Schlussbericht“; HTA Luzern 2007.