

Bericht
BAG-Projekt 142004170
Minimale Aussenluftvolumenströme
für den Feuchteschutz
nach SIA 180:2014

Auftrag: Grundlagen und Verfahren zur Bestimmung
minimal erforderlicher Aussenluft-
volumenströme für den Feuchteschutz
nach SIA 180:2014

Auftraggeber: Bundesamt für Gesundheit (BAG)
Direktionsbereich Verbraucherschutz
Fachstelle Wohngifte
Herr Roger Waeber

Datum: 9. Dezember 2020

Dieser Bericht umfasst 51 Seiten und darf ohne die schriftliche Genehmigung von
FREI WÜEST EXPERT nur in ungekürzter Form vervielfältigt werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage	3
2. Auftraggeber	3
3. Auftrag	3
4. Grundlagen	4
5. Verfahren und Methoden	4
6. Ist-Situation	5
6.1. Allgemeines	5
6.2. Normative und informative Grundlagen	5
6.3. Literatur	21
7. Berechnungen, Analyse und Fragestellungen zur Ist-Situation	27
7.1. Zusammenstellung und Vergleich der Feuchteproduktion	27
7.2. SIA 180:2014	27
7.3. SIA 2024:2015 respektive SIA 2024:2019 Stand Vernehmlassung	32
7.4. DIN 1946-6:2019	34
7.5. Berechnungstool Diplomarbeit Tschui / Emmenegger HTA Luzern (2004)	36
8. Handlungsempfehlungen und Vorschläge für die normative Umsetzung	39
8.1. Allgemeines	39
8.2. SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden	41
8.3. prSIA 2024:2019 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik	42
8.4. SIA 382/1:2014 Lüftungs- und Klimaanlage-Allg. Grundlagen und Anforderungen	44
8.5. prSIA 382/5:2020 Mechanische Lüftung in Wohngebäuden	44
8.6. Projektvorschlag SIA 382/X Natürliche und Hybride Lüftung in Wohngebäuden	45
8.7. prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der Norm SIA 180:2014	46
9. Schlussbemerkungen	49
10. Anhang Literaturverzeichnis	50

Interne Angaben

Ersteller: Beat Frei

Ablage: FWE20_04_Bericht_BAG_Min_Aussenluftvolumenstrom_Feuchteschutz V1.1

Datum / Version: 09.12.2020 / Version 1.1

Änderungsverzeichnis

Datum	Visum	Version	Änderung / Kapitel
30.11.2020	Frb	1.0	Freigabe Bericht durch BAG
09.12.2020	Frb	1.1	Erweiterung Tabellen S.32

1. Ausgangslage

Feuchtigkeitsprobleme und Schimmel in Wohnräumen sind gesundheitlich relevant; das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat dazu Empfehlungen publiziert, die sich in erster Linie an Bewohner richten. Das BAG setzt sich daneben dafür ein, dass die baulichen Gegebenheiten zum Schutz vor Feuchtigkeitsproblemen und Schimmel gegeben sind. Die Norm SIA 180:2014 macht Vorgaben für den Feuchteschutz in Gebäuden. Zum Abtransport der unvermeidlichen Feuchtigkeit aus der Nutzung ist eine ausreichende Lüftung erforderlich. Bisher ging man davon aus, dass mit dem hygienisch erforderlichen oder CO₂-basierten Aussenluftvolumenstrom der Feuchteschutz automatisch abgedeckt ist. Ein Berechnungsbeispiel für den Tessin anhand des Verfahrens nach SIA 180:2014 hat gezeigt, dass teilweise grössere Aussenluftvolumenströme benötigt werden. Dies ist auch abhängig von den Annahmen, welche Feuchtequellen wie lange im Raum bzw. in der Wohneinheit bestehen. Es besteht somit ein Bedarf, die momentanen Grundlagen in den relevanten SIA-Normen zu überprüfen und allenfalls anzupassen. Aus dieser Überarbeitung können sich gegebenenfalls auch Erkenntnisse ergeben, die Ergänzungen und Präzisierungen der BAG-Empfehlungen für die Nutzer erlauben.

2. Auftraggeber

Auftraggeber: Bundesamt für Gesundheit (BAG)
Direktionsbereich Verbraucherschutz
Fachstelle Wohngifte

Kontaktperson: Herr Roger Waeber

3. Auftrag

Die vorhandenen Literaturwerte aus Normen und Publikationen über interne Feuchtelasten sollen gesichtet und überprüft werden. Danach soll das Verfahren aus der SIA 180:2014 für die Bestimmung des erforderlichen Aussenluftvolumenstroms für den Feuchteschutz standardisiert werden. Hierzu werden die Berechnungen für eine Klimastation und eine Nutzung (z.B. Wohnen MFH) standardisiert. Danach werden die Berechnungen für alle Klimastationen nach SIA 2028:2015 und eine Nutzung (z.B. Wohnen MFH) durchgeführt. Die Ergebnisse sollen in einer Technischen Information zusammengestellt werden. Der Abgleich mit der Sachbearbeitung Revision SIA 382/1 und die Kommunikation der Ergebnisse an die Kommission NK 180 sind sicherzustellen.

4. Grundlagen

Massgebend sind die Normen und Merkblätter des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA).

Für ergänzende Ausführungen wurden konsultiert:

- Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI),
- Normen des Deutschen Instituts für Normierung (DIN),
- Normen des Europäischen Komitees für Normung (CEN),
- Standards der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE),
- Guidelines der britischen Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE),
- verfügbare Literatur aus Online-Datenbanken und abonnierten peer-reviewed Journals.

5. Verfahren und Methoden

Mittels Literaturrecherche werden die verfügbaren Literaturquellen und Normen sowie Richtlinien gesichtet und der Stand des Wissens abgebildet.

Die Ergebnisse aus den schweizerisch normierten Berechnungsverfahren werden mit anderen vergleichbaren Verfahren verglichen und plausibilisiert. Die Berechnungsergebnisse werden zusammengestellt und in Grafiken dargestellt.

Aus den Erkenntnissen werden Handlungsempfehlungen abgeleitet. Wo möglich werden Vorschläge für die normative Umsetzung gemacht.

Wichtiger Hinweis:

In diesem Bericht wird keine zeitabhängige Feuchteproduktion und deren dynamische Auswirkung auf die Raumluftfeuchte und die Baukonstruktion untersucht. Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen ist eine durchschnittliche Feuchteproduktion und deren Abtransport durch einen minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstrom. Damit soll Oberflächenkondensat und Schimmelpilz vermieden werden. Für die dynamische Betrachtung der Feuchteproduktion und Feuchtespeicherung in bewohnten und belegten Räumen wird auf die hygro-thermische Gebäudesimulation verwiesen.

6. Ist-Situation

6.1. Allgemeines

Der Berichtersteller hat 2016 für ein Parteigutachten in einem Tessiner Einfamilienhaus den minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz nach SIA 180:2014 berechnet. Die Berechnungen erfolgten unter Anwendung der massgebenden SIA 180:2014 und des Addendums zum Buch Bauphysik – Bau & Energie von Zürcher, Frank und Manz. Dabei stellten sich rasch Fragen zur einzusetzenden Feuchteproduktion und zur massgebenden Zeitdauer. Die Ergebnisse zeigten, dass der minimal erforderliche Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz über demjenigen für die Hygiene liegt.

6.2. Normative und informative Grundlagen

6.2.1. SIA 180:1999 Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau

Die ausser Kraft gesetzte Norm SIA 180:1999 [1] enthält Richtwerte für die Feuchteproduktion typischer Feuchtequellen. Die angegebenen Bereiche sind für Berechnungen von detaillierten Feuchteschutznachweisen bemerkenswert gross.

Tabelle 3 Richtwerte der Feuchteproduktion G typischer Feuchtequellen

Feuchtequelle	Feuchteproduktion G g/h
Person, leichte Arbeit	30– 60
Person, Haushaltarbeit	60– 90
Person, schwere Arbeit	100– 200
Kochen	400– 800
Geschirrspüler	200– 400
Duschen	1500–3000
Wannenbad	600–1200
Offene Wasserfläche (pro m^2)	30– 50
Topfpflanze	7– 15
Gummibaum (Ficus)	10– 20

Quelle: SIA 180:1999, Ziffer 3.1.3.3

Weiterführend sind die nachfolgend angegebenen Richtwerte für die mittlere flächenbezogene Feuchteproduktion angegeben:

Tabelle 4 Richtwerte für die mittlere flächenbezogene Feuchteproduktion G/A_{NRF}

Feuchtequelle	Feuchteproduktion G/A_{NRF} g/(h · m^2)	Nutzung
Niedrig	2	Wohnen (geringe Belegung, wenig Pflanzen), Büro, Verwaltung, Läden, Lager
Mittel	4	Wohnen (hohe Belegung, viele Pflanzen), Schule, Versammlungslokale
Hoch	6	Restaurant, Küchen, Sporthallen, Spitäler
Sehr hoch	> 10	Wäschereien, nasse Produktionsprozesse

Quelle: SIA 180:1999, Ziffer 3.1.3.4

Tabellarisch wird die maximal zulässige durchschnittliche Feuchte der Raumluft zur Bestimmung der minimalen mittleren Aussenluftfrate aufgelistet.

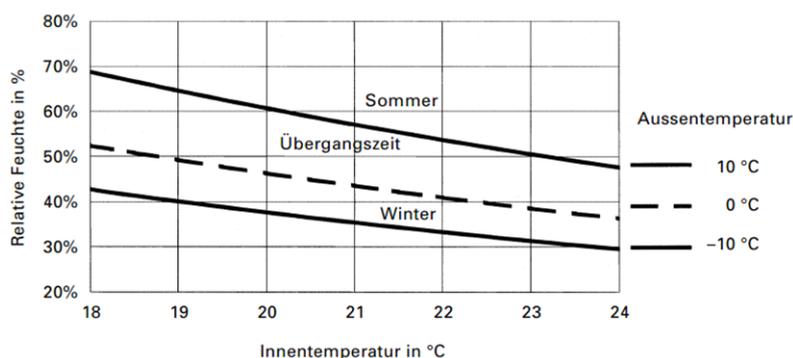
Tabelle 5 Maximal zulässige, durchschnittliche Feuchte der Raumluft zur Bestimmung der minimalen mittleren Aussenluftfrate (Tagesmittelwerte)

Aussenlufttemperatur θ_e in °C	+20	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20
$v_{i,max}$ in g/m ³	13.5	11.9	10.5	9.3	8.2	7.3	6.5	5.8	5.2
$p_{i,max}$ in Pa ¹⁾	1823	1605	1418	1255	1114	988	880	786	703
$\phi_{i,max}$ in % bei $\theta_i = 20$ °C	78	69	61	54	48	42	38	34	30
Taupunkttemperatur $\theta_{i,D}$ in °C	16.0	14.1	12.2	10.3	8.6	6.8	5.1	3.5	1.9

¹⁾ Näherungsformel: $p_{i,max} = 0.3744 \cdot \theta_e^2 + 27.607 \cdot \theta_e + 1112.2$ Pa oder lineare Interpolation.

Diese Werte sind im Tagesmittel einzuhalten.

Quelle: SIA 180:1999, Ziffer 3.1.3.5



Figur 3 Maximal zulässige relative Feuchte der Raumluft (gemäss Tabelle 5)

Quelle: SIA 180:1999, Ziffer 3.1.3.6

Tabelle 15 Berechnung des durchschnittlich notwendigen Aussenluft-Volumenstroms

Monat	$\theta_{e,m}$ gemäss Anhang A.1 °C	$v_{e,m}$ gemäss Anhang A.1 g/m ³	$v_{i,max}$ gemäss Tabelle 5 g/m ³	$\dot{V}_{min} = \frac{G}{v_{i,max} - v_{e,m}}$ m ³ /h	$n_{L,min} = \frac{\dot{V}_{min}}{V}$ h ⁻¹
Oktober	9.5	7.26	10.38	128	0.51
November	3.7	5.03	9.01	101	0.40
Dezember	0.8	4.12	8.38	94	0.38
Januar	-0.7	3.63	8.07	90	0.36
Februar	0.2	3.77	8.24	89	0.36
März	4.5	4.73	9.19	90	0.36
April	7.7	5.69	9.95	94	0.38

Annahmen:

- Aussenklima: Bern
- Innenklima: $\theta_i = 20$ °C, v_i gemäss Tabelle 5 (Ziffer 3.1.3.5)
- Raum: $V = 250$ m³, $A_{NRF} = 100$ m²
- flächenbezogene Feuchteproduktion: 4 g/(h · m²), gemäss Tabelle 4 (Ziffer 3.1.3.4), $G = 400$ g/h

Quelle: SIA 180:1999, Anhang A.3.3

Das Rechenverfahren für die Bestimmung des minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstroms für den Feuchteschutz besteht somit unverändert seit der Ausgabe 1999 der Norm SIA 180.

6.2.2. SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden

In der Norm SIA 180:2014 [2] legt das Kapitel 6 die Anforderungen an den Feuchteschutz in Gebäuden fest.

In Ziffer 3.5.3, Tabelle 4 wird die tätigkeitsabhängige Feuchteproduktion pro Person im Aufenthaltsbereich festgelegt. Diese beträgt im Wohnbereich für eine Aktivität von 1.0 bis 1.2 met 60 g/h resp. **70 g/h**.

Tabelle 4 Emissionen einer Person und Grenzwerte im Aufenthaltsbereich

	Gerüche	CO ₂	Wasserdampf	Sensible Wärme
Tätigkeit	Olf	l/h	g/h	W
Ruhig liegend, schlafend	0,7	12	45	55
Ruhig sitzend	0,8	16	60	70
Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule, Labor), ruhig stehend	1	18	70	75
Leichte Tätigkeit, stehend (Laden, Werkbankarbeit, Labor)	1,3	24	95	85
Mittelschwere Tätigkeit, stehend (Haushalt, Werkstatt)	1,7	30	115	105
Richtwerte*	0,1–0,5 pol	1000–2000 ppm	gemäss 3.5.1.3, 3.5.1.4 und 6.2.1.4	Temperaturen gemäss Kapitel 2

* Für Räume mit Lüftungs- und Klimaanlage gelten die Vorgaben nach SIA 382/1

Quelle: SIA 180:2014, Ziffer 3.5.3.3

In Ziffer 6.2.1.4 wurde die Tabelle 10 unverändert aus SIA 180:1999 in die jetzt gültige Ausgabe 2014 übernommen.

Tabelle 10 Maximal zulässiges Tagesmittel der Raumluftfeuchte für eine Raumlufttemperatur von 20 °C

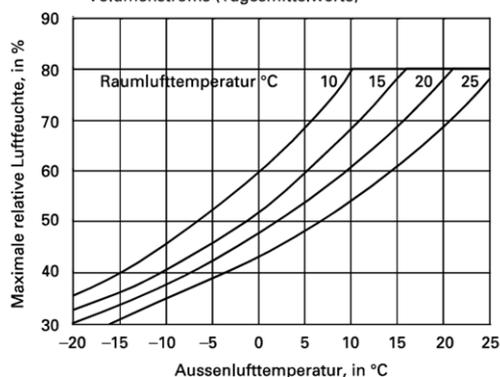
Aussenlufttemperatur °C	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20
$p_{v,i,max}$, in Pa	1823	1605	1418	1255	1114	988	880	786	703
$V_{i,max}$, in g/m ³	13,5	11,9	10,5	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,2
$\varphi_{i,max}$, in % bei $\theta_i = 20$ °C	78	69	61	54	48	42	38	34	30
Taupunkt $\theta_{i,D,max}$, in °C	16,0	14,1	12,2	10,3	8,6	6,8	5,1	3,5	1,9

Quelle: SIA 180:2014, Ziffer 6.2.1.4

Grundsätzlich können mit den Angaben der Tabelle 10 (resp. Tabelle 5, Ausgabe 1999) durch zusätzliche Berechnung der absoluten Aussenluftfeuchte die für den Feuchteschutz erforderlichen Aussenluftvolumenströme auch standortunabhängig berechnet werden.

Figur 14 wurde bis zur Raumlufttemperatur von 25 °C erweitert. Dies entspricht nicht mehr der Tabelle 10.

Figur 14 Maximal zulässige relative Feuchte der Raumluft zur Bestimmung des Aussenluft-Volumenstroms (Tagesmittelwerte)



Quelle: SIA 180:2014, Ziffer 6.2.1.4

Fazit: Das Berechnungsverfahren zur Bestimmung der minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz wurde unverändert von der SIA 180:1999 in die SIA 180:2014 übernommen. Die Berechnungsbeispiele für den rechnerischen Nachweis sind jedoch entfallen, was die Anwendung der SIA 180 nicht erleichtert. Dies wurde von der Kommission NK 180 erkannt. Die kommende Wegleitung SIA 4001 hat die entfallenen Berechnungsbeispiele wieder aufgenommen.

6.2.3. SIA 2024:2015 resp. prSIA 2024:2019-09 Stand Vernehmlassung

In der laufenden Revision der SIA 2024:2015 *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik* soll die spezifische Feuchteproduktion pro Person und Fläche von 80 g/h auf 90 g/h angehoben werden. Die Quellenangabe für die spezifische Feuchteproduktion ist zumindest seit der Ausgabe 2006 unsicher. Unverändert bleibt die spezifische Feuchteproduktion aus anderen Quellen pro Fläche. Auch hier sind die Quellen seit der Ausgabe 2006 unsicher. Die pauschalisierte Feuchteproduktion von 0.5 g/(h m²) resp. 12 g/(d m²) für andere Quellen erscheint gerade im Wohnbereich zu niedrig angesetzt. Für eine Nutzungseinheit von 100 m² errechnet sich eine Feuchteproduktion aus anderen Quellen von 1.2 kg pro Tag. Literaturwerte geben für einen 2- oder 4-Personenhaushalt 2.4 kg pro Tag resp. 3.2 kg pro Tag an - ohne freie Wäschetrocknung (Quelle: Künzel Hartmut (Hrsg.), *Wohnungslüftung und Raumklima* 2009).

Nachfolgend wird eine Übersicht auf SIA 2024:2015 [3] und prSIA 2024:2019-09 [4] betreffend Feuchteproduktion von Personen und anderen Quellen gegeben. In der linken Tabelle sind die Veränderungen in bei der Feuchteproduktion ersichtlich. In der rechten Tabelle wird gezeigt, dass sich die gesamte Feuchteproduktion aus der «Quelle Personen» und «anderen Quellen» wie Pflanzen u.a. zusammensetzt.

Raumnutzung		Feuchteproduktion Personen SIA 2024:2015	Feuchteproduktion Personen prSIA 2024:2019
SIA 2024	Bezeichnung	g/(h m ²)	g/(h m ²)
1.1	Wohnen MFH	2.5	2.5
1.2	Wohnen EFH	1.5	2
2.1	Hotelzimmer	5.5	6
2.2	Empfang, Lobby	16	18
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	5.5	6.5
3.2	Grossraumbüro	8	9
3.3	Sitzungszimmer	26.5	30
3.4	Schalterhalle, Empfang	6.5	7.5
4.1	Schulzimmer	26.5	22.5
4.2	Lehrerzimmer	26.5	22.5
4.3	Bibliothek	16	18
4.4	Hörsaal	40	30
4.5	Schulfachraum (Spezialraum)	16	18
5.1	Lebensmittelverkauf	10	11.5
5.2	Fachgeschäft	10	11.5
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	5.5	6
6.1	Restaurant	40	45
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	40	45
6.3	Küche zu Restaurant	34	37
6.4	Küche zu Selbstbedienungsrest.	34	37
7.1	Vorstellungsraum	26.5	30
7.2	Mehrzweckhalle	26.5	30
7.3	Ausstellungshalle	26.5	30
8.1	Bettzimmer	5.5	6
8.2	Stationszimmer	26.5	30
8.3	Behandlungsraum	16	18
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	11.5	12.5
9.2	Produktion (feine Arbeit)	5.5	6
9.3	Laborraum	5.5	6
10.1	Lagerhalle	4.5	4.5
11.1	Turnhalle	14	15
11.2	Fitnessraum	28	30
11.3	Schwimmhalle	8	18.5
12.1	Verkehrsfläche	0	0
12.2	Verkehrsfläche 24 h	0	0
12.3	Treppenhaus	0	0
12.4	Nebenraum	0	0
12.5	Küche, Teeküche	40	45
12.6	WC, Bad, Dusche	0	0
12.7	WC	0	0
12.8	Garderobe, Dusche	0	0
12.9	Parkhaus	0	0
12.10	Wasch- und Trockenraum	0	0
12.11	Kühlraum	0	0
12.12	Serverraum	0	0

Raumnutzung		Fläche	Feuchteproduktion Personen SIA 2024:2015	Feuchteproduktion andere SIA 2024:2015	Feuchteproduktion gesamt SIA 2024:2015	Feuchteproduktion
SIA 2024	Bezeichnung	m ²	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/h
1.1	Wohnen MFH	20	2.5	0.5	3.0	60
1.2	Wohnen EFH	20	1.5	0.5	2.0	40
2.1	Hotelzimmer	20	5.5	0.5	6.0	120
2.2	Empfang, Lobby	144	16.0	0.5	16.5	2376
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	36	5.5	0.5	6.0	216
3.2	Grossraumbüro	144	8.0	0.5	8.5	1224
3.3	Sitzungszimmer	36	26.5	0.5	27.0	972
3.4	Schalterhalle, Empfang	144	6.5	0.5	7.0	1008
4.1	Schulzimmer	70	26.5	0.5	27.0	1890
4.2	Lehrerzimmer	36	26.5	0.5	27.0	972
4.3	Bibliothek	144	16.0	0.5	16.5	2376
4.4	Hörsaal	144	40.0	0.5	40.5	5832
4.5	Schulfachraum (Spezialraum)	70	16.0	0.5	16.5	1155
5.1	Lebensmittelverkauf	400	10.0	0.5	10.5	4200
5.2	Fachgeschäft	400	10.0	0.5	10.5	4200
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten	36	5.5	0.5	6.0	216
6.1	Restaurant	144	40.0	0.5	40.5	5832
6.2	Selbstbedienungsrestaurant	400	40.0	0.5	40.5	16200
6.3	Küche zu Restaurant	36	34.0	10	44.0	1584
6.4	Küche zu Selbstbedienungsrest.	144	34.0	10	44.0	6336
7.1	Vorstellungsraum	400	26.5	0.5	27.0	10800
7.2	Mehrzweckhalle	400	26.5	0.5	27.0	10800
7.3	Ausstellungshalle	400	26.5	0.5	27.0	10800
8.1	Bettzimmer	36	5.5	0.5	6.0	216
8.2	Stationszimmer	36	26.5	0.5	27.0	972
8.3	Behandlungsraum	36	16.0	0.5	16.5	594
9.1	Produktion (grobe Arbeit)	400	11.5	0	11.5	4600
9.2	Produktion (feine Arbeit)	400	5.5	0	5.5	2200
9.3	Laborraum	70	5.5	0	5.5	385
10.1	Lagerhalle	400	4.5	0	4.5	1800
11.1	Turnhalle	600	14.0	0	14.0	8400
11.2	Fitnessraum	144	28.0	0	28.0	4032
11.3	Schwimmhalle	400	8.0	10	18.0	7200
12.1	Verkehrsfläche	20	0	0	0.0	0
12.2	Verkehrsfläche 24 h	20	0	0	0.0	0
12.3	Treppenhaus	20	0	0	0.0	0
12.4	Nebenraum	20	0	0	0.0	0
12.5	Küche, Teeküche	20	40.0	10.0	50.0	1000
12.6	WC, Bad, Dusche	20	0	10	10	200
12.7	WC	4	0	1	1	4
12.8	Garderobe, Dusche	36	0	10	10	360
12.9	Parkhaus	400	0	0	0	0
12.10	Wasch- und Trockenraum	36	0	0	0	0
12.11	Kühlraum	36	0	0	0	0
12.12	Serverraum	20	0	0	0	0

6.2.4. SN EN 16798-1:2019 Eingangsparmeter für das Innenraumklima

Die SN EN 15251:2007 ist die europäische Mutternorm zur Norm SIA 180:2014. Die SN EN 16798-1:2019 *Eingangsparmeter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik* [5] löst die SN EN 15251:2007 ab. Der Nationale Schweizer Anhang zur SN EN 16798-1 wird derzeit erarbeitet.

Die SN EN 16798-1:2019 weist zum Thema *Minimaler Aussenluftvolumenstrom für Feuchteschutz* lediglich Angaben zu üblichen Nutzungen aus. Diese sind in den Nutzungsfahrplänen im

informativen Anhang B.7 enthalten. Dort sind Standardwerte enthalten, die bei der Festlegung der Werte für den normativen Anhang A hilfreich sein können. Nachfolgend sind die Tabellenwerte für die spezifische Feuchteproduktion mit entsprechender Nutzungsdauer aufgelistet:

Raumart	Stunden/Tag	mDspez [g/(m ² h)]
Schule, Klassenraum	9	11,11
Restaurant	18	9,84
Wohngebäude, freistehendes Haus	24	1,41
Wohngebäude, Wohnung, Senioren	24	2,12
Einzelbüro	11	6,00
Hauptbüro	11	3,53
Sitzungsraum	11	30,00
Kaufhaus	13	3,53
Tagesstätte, Kindergarten	12	15,79

Quelle: Zusammenstellung mit Angaben aus der SN EN 16798-1:2019

6.2.5. prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der SIA 180:2014

Die noch nicht veröffentlichte Wegleitung prSIA 4001:2020 zur Anwendung der SIA 180:2014 [6] enthält Angaben zur Feuchteproduktion und weitere Hinweise zum rechnerischen Nachweis des Feuchteschutzes.

Nachfolgend werden Richtwerte für die spezifische Feuchteproduktion angegeben, die früher in der SIA 180:1999 und deren Wegleitung Dokumentation D 0166:2001 [7] enthalten waren:

Tabelle 3.2 Richtwerte für Feuchtebelastungen; A_{NRA} (Net Room Area) ist die Nettoraumfläche

Feuchtebelastung	G/A_{NRA} in g/(h·m ²)	Nutzung
niedrig	2	Wohnen (geringe Belegung), Büro, Verwaltung, Läden, Lager
mittel	4	Wohnen (dichte Belegung), Schulen, Versammlungslokale
hoch	6	Küchen, Restaurants, Spitäler, Sporthallen
sehr hoch	10	Wäschereien, nasse Produktionsprozesse

Quelle: prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der SIA 180:2014

Für den rechnerischen Nachweis zum Feuchteschutz ist die kritische Oberflächenfeuchte massgebend. Der rechnerische Nachweis sieht **vier Fälle** vor:

Tabelle 6.3 Vorgaben und gesuchte Werte bei der Beurteilung der kritischen Oberflächenfeuchte. Die gesuchte Grösse ist grau hinterlegt.

Raumlufttemperatur	Feuchtequelle oder Raumluftfeuchte	Raumvolumen und Aussenluft-Volumenstrom	f_{Rsi}
Fall 1, Raum ohne Kontrolle der Raumluftfeuchte: übliches Raumklima			
20 °C	SIA 180, 6.2.1.4, und Tabelle 10	implizit in SIA 180, 6.2.1.4, enthalten	minimaler $f_{Rsi,min}$
Fall 2, Raum mit kontrolliertem Raumklima nach Planungsvorgabe			
Nach Vorgabe	Nach Vorgabe	implizit	minimaler $f_{Rsi,min}$
Fall 3, Raum mit bekannter Feuchteproduktion und Lüftung nach Planungsvorgabe			
Nach Vorgabe	Nach Vorgabe	Aussenluft-Volumenstrom nach Planungsvorgabe	minimaler $f_{Rsi,min}$
Fall 4, Raum mit bekannter Feuchteproduktion und vorgegebenem Oberflächentemperaturfaktor			
Nach Vorgabe	Nach Vorgabe	Gesucht minimaler Aussenluft-Volumenstrom	vorhandener $f_{Rsi,vorh}$

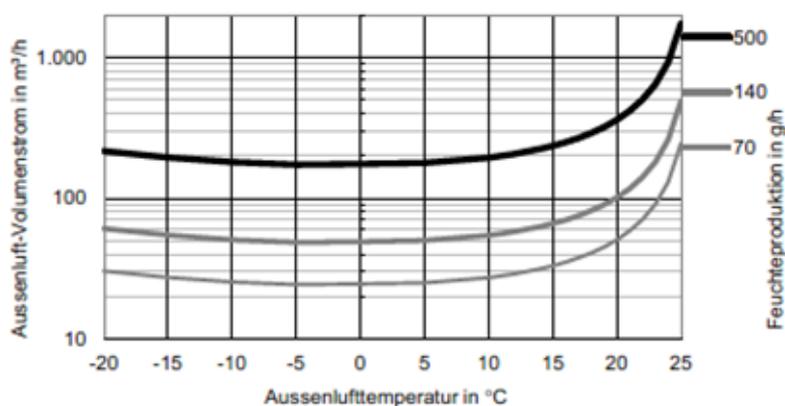
Quelle: prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der SIA 180:2014

Für die Untersuchungen im vorliegenden Bericht ist der **Fall 4** von besonderem Interesse.

Grundsätzlich können die minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz entweder mit den Monatsmittelwerten der SIA 2028:2010 [8] für die Aussentemperatur und den Aussenluftfeuchtegehalt oder in Abhängigkeit von der Aussenlufttemperatur berechnet werden. Im zweiten Fall wird der Aussenluftfeuchtegehalt mit einer Approximationsformel gemäss SIA 180:2014 berechnet. Dies macht die Berechnungsmethode unabhängig von den Stationsdaten der SIA 2028:2010.

Der minimale Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz bei 20°C Innenlufttemperatur und Wärmebrücken mit $f_{Rsi} = 0,5$ und verschiedenen Feuchteproduktionen wird nachfolgend dargestellt. Die ab einer Aussenlufttemperatur von 15°C stark erhöhten erforderlichen Aussenluftvolumenströme werden im Kapitel 8.7 des vorliegenden Berichts besprochen.

Figur 6.27 Minimaler Aussenluft-Volumenstrom in einem Raum mit 20 °C Innenlufttemperatur und Wärmebrücken mit $f_{Rsi} = 0,5$ und verschiedenen Feuchteproduktionen



Quelle: prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der SIA 180:2014

6.2.6. DIN 1946-6:2019 - Lüftung von Wohnungen

In der DIN 1946-6:2019 [9] werden im Abschnitt 4.2.2 die Randbedingungen für die Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz angegeben. Die Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz werden in Abhängigkeit der Fläche der Nutzungseinheit berechnet. Ein Faktor berücksichtigt den Wärmeschutz und die Belegung des Gebäudes (Tabelle 4).

Die den detaillierten Berechnungen zugrundeliegenden Annahmen werden aufgelistet.

Für die Feuchteproduktion in den Nutzungseinheiten werden in vier Kennwerte zwischen 6.5 kg/d und 8 kg/d angegeben.

Zu beachten ist, dass das freie Wäschetrocknen separat zu berücksichtigen ist.

4.2.2 Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz

Für die Ermittlung des Luftvolumenstromes zum Feuchteschutz ist der Wärmeschutz des Gebäudes zu berücksichtigen.

Die Luftvolumenströme für den Feuchteschutz, sind nach Gleichung (2) zu ermitteln, siehe auch Tabelle 7.

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} \cdot (-0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11) \quad (2)$$

Dabei ist

$q_{v,ges,NE,FL}$ der Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz, in m³/h;

A_{NE} die Fläche der Nutzungseinheit, in m² (die lichte Raumhöhe wird mit 2,5 m zugrunde gelegt);

f_{WS} der Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes des Gebäudes.

Der Faktor f_{WS} ist nach Tabelle 4 zu bestimmen.

Tabelle 4 — Faktoren zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes f_{WS}

	Wärmeschutz hoch ^a	Wärmeschutz gering ^b
geringe Belegung ^c	0,2	0,3
hohe Belegung	0,3	0,4

^a Wärmeschutz hoch: Neubau nach 1995 oder Komplett-Modernisierung mit entsprechendem Wärmeschutzniveau.
^b Wärmeschutz gering: nicht oder teilmodernisierte (z. B. nur Fensterwechsel, dadurch Erhöhung der Dichtigkeit der Gebäudehülle bei niedrigem Wärmedämmstandard) Gebäude.
^c Geringe Belegung liegt üblicherweise in selbstgenutztem Eigentum $\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$ wie z. B. EFH vor. Bei Neubau ist eine Bedarfsanalyse entsprechend Bauvertragsrecht erforderlich.

ANMERKUNG Den Volumenstromanforderungen der Lüftung zum Feuchteschutz liegen detaillierte Beispielrechnungen mit folgenden Annahmen zugrunde:

Mittlere tägliche Feuchtefreisetzung durch Personen, Pflanzen, Körperpflege und Kochen (Räume mit einer mittleren Feuchtefreisetzung $> 200 \text{ g/h}$ bzw. $> 4,8 \text{ kg/d}$ — hierunter fällt auch das Wäschetrocknen — sind separat zu berücksichtigen).

— Nutzungseinheit mit 70 m^2 : etwa $6,5 \text{ kg/d}$

— Nutzungseinheit mit 90 m^2 : etwa $7,0 \text{ kg/d}$

— Nutzungseinheit mit 120 m^2 : etwa $7,5 \text{ kg/d}$

— Nutzungseinheit mit 160 m^2 : etwa $8,0 \text{ kg/d}$

Raumtemperaturen

— Schlafzimmer, Kinderzimmer (nachts): 16 °C

— Wohnzimmer, Kinderzimmer (tags), Küche: 20 °C , Bad: 22 °C

Temperaturfaktoren (im Bereich der kritischen Wärmebrücken)

— Wärmeschutz gering (vor WSchV 1995): $f_{Rsi} = 0,59$

— Wärmeschutz hoch (WSchV 1995 oder besser): $f_{Rsi} = 0,72$

Quelle: DIN 1946-6:2019, Ziffer 4.2.2

In Tabelle 7 werden berechnete Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz angegeben:

Tabelle 7 — $q_{v,ges,NE}$ in m^3/h für Nutzungseinheiten (NE) ^{a,b}

Fläche der Nutzungseinheit A_{NE}^c m^2		≤ 20	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz hoch $q_{v,ges,NE,Flh}$	geringe Belegung ^d	k.A.	k.A.	15	15	20	25	25	30	30	30	35
	hohe Belegung	10	15	20	25	30	35	40	40	45	45	50
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz gering $q_{v,ges,NE,Flg}$	geringe Belegung ^d	k.A.	k.A.	20	25	30	35	40	40	45	45	50
	hohe Belegung	15	20	25	35	40	45	50	55	60	65	65
Reduzierte Lüftung $q_{v,ges,NE,RL}$		25	30	45	55	70	80	90	95	105	110	115
Nennlüftung ^e $q_{v,ges,NE,NL}$		35	45	65	80	100	115	125	140	150	155	165
Intensivlüftung $q_{v,ges,NE,IL}$		45	55	85	105	130	145	165	180	195	205	215
<p>^a Die Tabellenwerte sind auf $5 m^3/h$ gerundet.</p> <p>^b Einschließlich Infiltration.</p> <p>^c Beheizte Fläche A_{NE} innerhalb der Gebäudehülle, die im Rahmen des Lüftungskonzeptes zu berücksichtigen ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> — bei Flächen der NE $A_{NE} < 20 m^2$ (je Wohnung bzw. Nutzungseinheit) wird $A_{NE} = 20 m^2$ gesetzt, — bei Flächen der NE $A_{NE} > 210 m^2$ (je Wohnung bzw. Nutzungseinheit) sind die planmäßigen Außenluftvolumenströme anzupassen, indem der für $210 m^2$ bestimmte Volumenstrom für die Nennlüftung um $4 m^3/h$ je $10 m^2$ zusätzliche Wohnfläche erhöht wird. Eine Verringerung der Luftvolumenströme mit größer werdender Fläche der Nutzungseinheit ist nicht zulässig. <p>^d Lüftung zum Feuchteschutz: Von einer geringen Belegung kann ausgegangen werden, wenn bei planmäßiger Nutzung eine Nutzungsfläche von $\geq 40 m^2/Person$ vorhanden ist.</p> <p>^e Nennlüftung: Eine aus Lüftungssicht planmäßig zulässige Personenzahl in einer Nutzungseinheit kann bestimmt werden, indem der für Nennlüftung angegebene Gesamt-Außenluftvolumenstrom durch ungefähr $30 m^3/h$ je Person geteilt wird, z. B. Nutzungseinheit mit $110 m^2$: $120 m^3/h / 30 m^3/(h \cdot Pers.) = 4$ Personen (gerundeter Wert). Das entspricht in Bezug auf die NE Kat I bis Kat II der DIN EN 15251:2012-12²⁾, Tabelle B.5.</p> <p>In Ausnahmefällen kann bei intensiv genutzten Nutzungseinheiten die aus Lüftungssicht planmäßig zulässige Personenzahl bestimmt werden, indem der für Nennlüftung angegebene Gesamt-Außenluftvolumenstrom durch $20 m^3/h$ je Person geteilt wird (entspricht in Bezug auf die NE Kat III der DIN EN 15251:2012-12²⁾, Tabelle B.5).</p> <p>Bei erhöhten Anforderungen (z. B. bei über die üblichen Werte hinausgehenden, hohen Schadstofflasten) können die Außenluftvolumenströme erhöht werden, siehe Nationaler Anhang NA der DIN EN 15251:2012-12²⁾.</p>												

Quelle: DIN 1946-6:2019, Tabelle 7

Tabelle 16 — Gesamt-Abluftvolumenströme $q_{v,ges,R,ab}$ bei ventilatorgestützter Lüftung

Raum ^h	Gesamt-Abluftvolumenströme $q_{v,ges,R,ab}$ in m ³ /h			
	Lüftung zum Feuchteschutz FL	Reduzierte Lüftung RL	Nennlüftung _{g,h} NL	Intensivlüftung IL
Hausarbeitsraum	Gleichung (26)	Gleichung (27)	20 ^{c,d}	Gleichung (29)
Kellerraum (z. B. Hobbyraum) ^{a,f}				
WC				
Küche, Kochnische ^b				
Bad mit/ohne WC			40	
Duschraum				
Sauna bzw. Fitnessraum			40 ^e	

^a Beheizt und innerhalb der thermischen Hülle.
^b Intensivlüftung fensterloser Räume: Die Bauaufsichtliche Richtlinie verlangt für fensterlose Küchen 200 m³/h.
^c Wenn es für das Lüftungskonzept der Nutzungseinheit erforderlich ist, kann auch der Flur mit einem Abluftvolumenstrom von 20 m³/h geplant werden.
^d Wird in dem Raum Wäsche z. B. mit Wäscheständer getrocknet, ist mit einem Abluftvolumenstrom von 40 m³/h zu planen.
^e Der Volumenstrom kann alternativ entsprechend dem zu erwartenden Feuchtelastanfall unter Aspekten des Bautenschutzes festgelegt werden.
^f Räume, bei deren Nutzungen erhöhte Feuchte- bzw. Stofflasten verursacht werden, sind gesondert zu behandeln.
^g Bei der Auslegung nach Gleichung (28) ist eine Reduzierung unter 50 % der Werte der Tabelle 16 nicht zulässig.
^h Es können auch weitere Räume wie z. B. Abstell-, Ankleide- oder Hauswirtschaftsräume unter Beachtung der planerisch anzusetzenden Nutzungsbedingungen (zu erwartende Feuchtelasten) als Ablufträume in das Lüftungskonzept einbezogen werden.

Quelle: DIN 1946-6:2019, Tabelle 16

Aus Tabelle 16 Fussnote d geht hervor, dass beim **freien Wäschetrocknen** in den Räumen Hausarbeit, Keller und WC mit einem **Zuschlag von 100 % auf die Nennlüftung** gerechnet werden muss. Der massgebende Abluftvolumenstrom beträgt dann 40 m³/h (anstelle 20 m³/h).

F.3.2 Feuchtigkeit/Raumluftqualität

Die Auswahl von Lüftungslösungen kann unter Beachtung der Raumnutzung nach Tabelle F.3 erfolgen.

Tabelle F.3 — Lüftungslösungen in Abhängigkeit der Kellernutzung

Art der Lüftung	Raumnutzung		
	Aufenthaltsraum ^a beheizt	wenig genutzt ^b beheizbar	praktisch ungenutzt ^c unbeheizt
Freie Lüftung	Auslegung nach reduzierter Lüftung oder nach Lüftung zum Feuchteschutz laut dieser Norm		im Sommer nur sensorgesteuert
Ventilatorgestützte Lüftung	Auslegung nach Nennlüftung laut dieser Norm	Auslegung nach reduzierter Lüftung ^d	
Kombinierte Lüftungssysteme	Hinweise aus Abschnitt 9 beachten		
^a Es gelten die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2. ^b Wenn als Trockenraum für Wäsche genutzt, dann Auslegung nach Nennlüftung empfohlen. ^c Besteht ein positives Trocknungspotenzial, ist eine dauerhafte Lüftung möglich, auf eventuell niedrige Außentemperaturen ist dabei zu achten. Besteht ein negatives Trocknungspotenzial, ist wie angegeben vorzugehen. ^d Sollen einzelne Räume (z. B. wenig genutzte Kellerräume) für eine von der sonstigen Nutzungseinheit abweichende Lüftungsstufe gelüftet werden, ist wie folgt vorzugehen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Auslegung der Lüftung für die Nutzungseinheit und für alle Räume für die nach dieser Norm geplante Lüftungsstufe (z. B. Nennlüftung für ventilatorgestützte Lüftung); 2. Anpassung des Luftvolumenstroms für die wenig genutzten Kellerräume mit Faktor f_{LS} nach Tabelle 6 (z. B. 0,7 x Luftvolumenstrom für Reduzierte Lüftung statt Nennlüftung); 3. Verringerung des Luftvolumenstroms für die Nutzungseinheit um die Differenz der Luftvolumenströme in den wenig genutzten Kellerräumen (z. B. um 9 m³/h, wenn der wenig genutzte Kellerraum für 21 statt für 30 m³/h ausgelegt wird). 			

Quelle: DIN 1946-6:2019, Tabelle F.3

Tabelle F.3 Fussnote b empfiehlt bei Wäschetrocknung im Raum die Auslegung auf Nennlüftung.

Diese Empfehlung widerspricht der Tabelle 16 Fussnote d.

6.2.7. DIN/TR 4108-8:2010 Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden

Im DIN-Fachbericht 4108-8:2010 [10] wird die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden behandelt. Dieser technische Bericht wird aktuell überarbeitet und soll in die DIN SPEC 4108-8 überführt werden. Informative Tabellenwerte für die Feuchtproduktion in Haushalten mit 1 bis 4 Personen sind bereits in diesem DIN-Fachbericht 4108-8:2010 enthalten.

Value (g/h)	Description
0.6	Pflanzen min. gemessener Wert je Stck.
2.0	Pflanzen repr. Mittelwert je Stck.
4.4	Pflanzen max. gemessener Wert je Stck.
8.3	Pflanzen für 1-Personenhaushalt berufstätig
20.8	Pflanzen für 1-Personenhaushalt anwesend
20.8	Pflanzen für 2-Personenhaushalt
29.2	Pflanzen für 3 bis 4-Personenhaushalt
104	Wäschetrocknen 5 kg geschleudert
42	Wäschetrocknen 2 kg geschleudert
10	Katze
40	Hund (mittelgroß, 20 kg)
2.4	Aquarium 0.4 m² (90 % abgedeckt, 26 °C)
4.8	Aquarium 0.8 m² (90 % abgedeckt, 26 °C)
29.2	Kochen und Spülen 1 bis 2-Personenhaushalt
33.3	Kochen und Spülen 3 bis 4-Personenhaushalt
12.5	Bad 1-Personenhaushalt
20.8	Bad 2-Personenhaushalt
33.3	Bad 2-Personenhaushalt
41.7	Bad 4-Personenhaushalt
87.5	1-Personenhaushalt 12 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen
112.5	1-Personenhaushalt 12 h/d anwesend mit Wäschetrocknen
129.2	1-Personenhaushalt 24 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen
158.3	1-Personenhaushalt 24 h/d anwesend mit Wäschetrocknen
162.5	2-Personenhaushalt 17 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen
216.7	2-Personenhaushalt 17 h/d anwesend mit Wäschetrocknen
233.3	3-Personenhaushalt 17 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen
312.5	3-Personenhaushalt 17 h/d anwesend mit Wäschetrocknen
279.2	4-Personenhaushalt 17 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen
383.3	4-Personenhaushalt 17 h/d anwesend mit Wäschetrocknen

Quelle: DIN/TR 4108-8:2010

Die Angaben im DIN/TR 4108-8:2010 für die 1- bis 4-Personenhaushalte 12h/17h/24h enthalten alle Feuchtequellen des Haushalts (siehe DIN SPEC 4108-8:2020, Bild.2).

6.2.8. prDIN SPEC 4108-8:2020 Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden

Mit dem Erscheinen der DIN SPEC 4108-8 [11] wird der DIN-Fachbericht 4108-8:2010 abgelöst werden. Gemäss Veröffentlichungen ermöglicht die noch nicht publizierte DIN-Norm den notwendigen Volumenstrom zur Feuchteschutzlüftung anhand physikalischer Parameter zu berechnen. Ausserdem wird der Normentwurf Algorithmen für die Ermittlung des Aussenluftvolumenstroms durch Fensterlüftung enthalten. Damit kann ein Lüftungskonzept für die Abfuhr der Feuchte last erstellt werden, welches sich nicht nur auf natürliche oder ventilatorgestützte Lüftungssysteme gemäss DIN 1946-6:2019 beschränkt.

Der Normentwurf enthält Angaben auf Stunden- und Tagesbasis für typische nutzungsbedingte Feuchtequellen in Wohnungen.

Tabelle 1 — Typische nutzungsbedingte Feuchtequellen in Wohnungen

Feuchtequelle		Feuchteabgabe	
Mensch	überwiegend nicht aktiv oder leichte Aktivität, je Person	50 g/h	1 200 g/d ^a
Pflanzen	repräsentativer Mittelwert für verschiedene Zimmerpflanzen, je Stück, Mix von verschiedenen Zimmerpflanzen	2 g/h ^f	50 g/d ^f
Küche	Kochvorgänge	700 g/h – 1 000 g/h	
	Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt)	100 g/Spülvorgang	
	Spülen unter fließendem Wasser (50 °C)	300 g/h	
	Spülen im Spülbecken (50 °C)	140 g/h	
Bad	Wannenbad	etwa 700 g/h	etwa 300 g/Bad ^b
	Duschen	etwa 2 600 g/h	etwa 300 g/Dusche ^c
	Abtrocknen	etwa 70 g/Vorgang	
Wäschetrocknen ^e	5 kg geschleudert	2 500 g/Waschmaschine	
Haustiere	Aquarium (90 % abgedeckt, 26 °C)	6 g/(h·m ²) ^d	150 g/(d·m ²) ^d
	Katze	10 g/h	250 g/d ^a
	Hund (mittelgroß, 20 kg)	40 g/h	950 g/d ^a

^a Anwesenheit 24 h/d.
^b 20 min Wannenbad und Abtrocknen.
^c 5 min Dusche und Abtrocknen.
^d Bezogen auf die Grundfläche des Aquariums.
^e Trocknen der Wäsche im Raum.
^f Es handelt sich um repräsentative Mittelwerte für verschiedene typische Zimmerpflanzen. Messungen haben eine Feuchtfreisetzung im Bereich von 0,6 g/h bis 4,4 g/h je Zimmerpflanze ergeben. Die Feuchtfreisetzung von Zimmerpflanzen korrespondiert in sehr guter Näherung mit der Gießwassermenge.

Quelle: prDIN SPEC 4108-8:2020, Tabelle 1

Feuchtequelle	mittlere tägliche Feuchteabgabe
nach DIN SPEC 4108-8:2019-07:	
Aquarium (90 % abgedeckt, 26 °C)	6 g/(h m ² Grundfläche)
Katze	10 g/h
Hund (mittelgroß, 20 kg)	40 g/h
Duschen und Wannenbad je Vorgang	12,5 g/h
Kochen je Vorgang mit 0,5 h	14,6 bis 20,8 g/h
nach CEN/TR 14788:2006-07:	
Verbrennungsgeräte mit Erdgas je Betriebszeit!	150 g/(h kW Leistung)
Erdgeschoss mit Kriechboden über Luftinfiltration	21-52 g/h
nach DIN EN 15665:2009-07:	
Kochen mit Erdgas	14,6 g/h

Quelle: prDIN SPEC 4108-8:2020, CEN/TR 14788:2006-07, DIN EN 15665:2009-07

Ebenso sind im Normentwurf Beispielszenarien für die tägliche Feuchteabgabe bei üblichem Wohnverhalten angegeben.

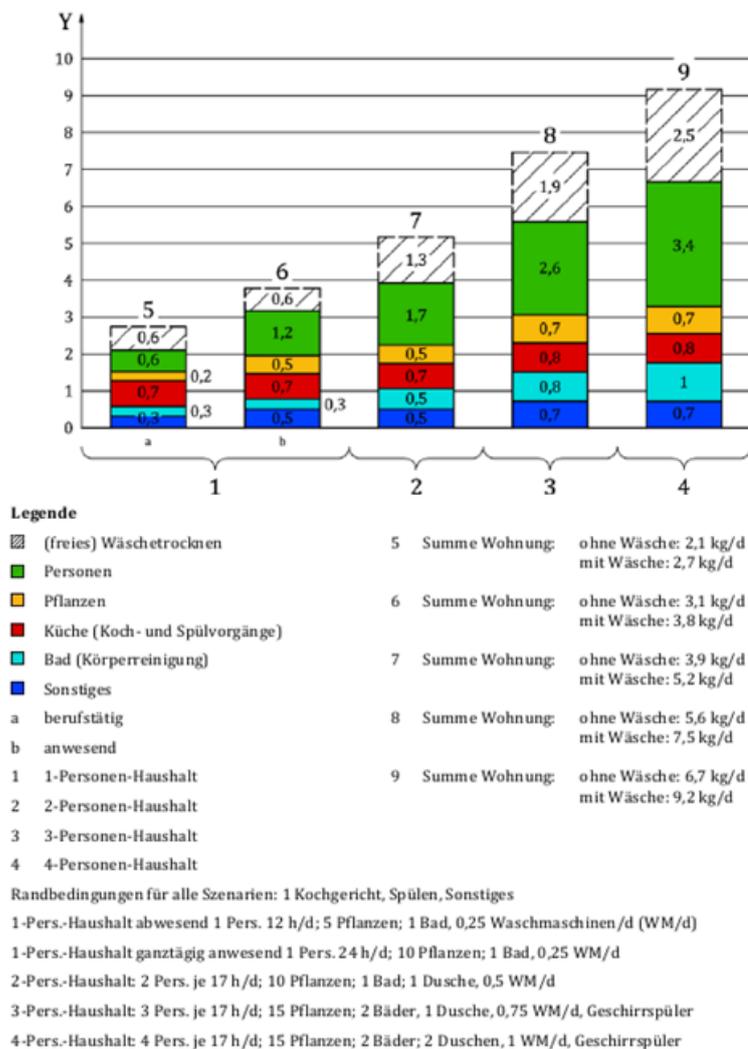


Bild 2 — Beispielszenarien für die tägliche Feuchteabgabe bei üblichem Wohnverhalten

Quelle: prDIN SPEC 4108-8:2020, Bild 2

Nachfolgend wird in Tabelle H.2 die Feuchtebelastung einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus exemplarisch berechnet.

Tabelle H.2 — Beispiel für die Feuchtebelastung einer Wohnung im Mehrfamilienhaus

Allgemeine Daten			Feuchtebelastung je Raum								
Wohnungsgröße: 77,1 m ²			Raum:		Wohnen	Schlafen	Kind	Flur	Bad	Küche	Abstell
Belegungsfläche: 26 m ² /Person			Fläche in m ² :		22,86	18,67	10,17	4,74	6,24	9,28	5,14
max. Personenanzahl: 3 Personen			Personenanzahl:		3	2	1	3	3	2	0
Spezifische Feuchtebelastungen			Belegung in h/d		12,0	8,0	15,0	0,5	0,5	1,0	0,0
Art der Belastung	spezifisch	Einheit	Summe in g/h	in g/d	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h
Personen	50	g/(h Pers.)	150	3 600	75	33	31	3	3	4	0
Pflanzen	0,29	g/(h m ²)	10	235	7	0	0	1	2	0	0
Sonstiges	0,30	g/(h m ²)	23	548	7	6	3	1	2	3	2
Bad (nur Abtrocknen)	2,9	g/(h Pers.)	9	209	0	0	0	0	9	0	0
Küche (nur Geschirrspüler)	4,2	g/(h Vorg.)	4	101	0	0	0	0	0	4	0
Wäschetrocknen	3,41	g/(h m ²)	78	1 872	78	0	0	0	0	0	0
individuelle Feuchtequellen	0	g/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			274	6 564	166	39	34	6	15	11	2

Quelle: prDIN SPEC 4108-8:2020, Tabelle H.2

Die nachfolgende Tabelle H.3 zeigt ein Berechnungsbeispiel für die Bestimmung der Lüftung zum Feuchteschutz bei einer im **5-Tagesmittel vorhandenen Außenlufttemperatur** von 13 °C und einem Außenluftfeuchtegehalt von 7 g/kg. Das 5-Tagesmittel wurde gewählt, damit auch schwere Gebäude stationär berechnet werden können. Ausserdem erstreckt sich die Modellbetrachtung ebenfalls über fünf aufeinander folgende Tage.

Den Räumen Schlafen und Abstell werden dabei die Raumtemperaturen von 16 °C zugeordnet. Für den innenliegenden Flur wirkt sich die Volumenstromermittlung nicht aus, da er keine direkte Aussenluftzufuhr erhält. Wird er jedoch über eine Abluftanlage im Bad entlüftet, müssten die übertragenen Feuchtelasten aus den Zulufräumen in die Berechnung einbezogen werden. Die Feuchteproduktion in den einzelnen Räumen ist der Tabelle H.2 entnommen.

Aussenlufttemperatur [°C]: 13.0
Aussenfeuchtegehalt [g/kg]: 7.0 (bei 75 % r.F.)
Gesamtluftdruck [hPa]: 1011

Tabelle H.3 — Beispiel für die Bestimmung der Lüftung zum Feuchteschutz mit Außenluft

Raumbezeichnung:	Wohnen	Schlafen	Kind	Flur	Bad	Küche	Abstell
f_{Rsi} [-]:	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Raumlufttemperatur [°C]:	20	16	20	20	20	20	16
Feuchteproduktion [g/h]:	166	39	34	6	15	11	2
innere Oberflächentemperatur [°C]:	17,9	15,1	17,9	17,9	17,9	17,9	15,1
kritischer Feuchtegehalt [g/kg]:	10,3	8,6	10,3	10,3	10,3	10,3	8,6
kritische Raumluftfeuchte [%]:	70	76	70	70	70	70	76
Volumenstrom [m ³ /h] aufgerundet:	42	20	9	2	4	3	1

Quelle: prDIN SPEC 4108-8:2020, Tabelle H.3

Der Auslegungsvolumenstrom für die gesamte Nutzungseinheit beträgt bei den angenommenen Randbedingungen 81 m³/h. Bei einer Aussenlufttemperatur von -5 °C und einem Aussenluftfeuchtegehalt von 2.3 g/kg würde sich ein Volumenstrom von 48 m³/h ergeben.

Dieser Berechnungsgang entspricht bauphysikalisch begründet dem Verfahren für den rechnerischen Nachweis in der Norm SIA 180:2014. Die Unterschiede liegen in der raumweisen Betrachtung, dem 5-Tagesmittelwert der Aussenlufttemperatur und in der Festlegung der massgebenden mittleren Feuchteproduktion.

6.2.9. VDI 2078:2015 - Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen

In der VDI 2078:2015 [12] werden Angaben zur Feuchteproduktion in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur gemacht.

Wasserdampfabgabe

$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}}$ in g/(h·Person)

Aktivitätsgrad I:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -86 + 5,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (16)$$

Aktivitätsgrad II:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -58 + 5,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (17)$$

Aktivitätsgrad III:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -18 + 5,8 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (18)$$

Aktivitätsgrad IV:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -75 + 9,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (19)$$

Wenn $\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} < 35$ dann gilt

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = 35 \quad (20)$$

Water vapour emission

$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}}$ in g/(h·person)

activity level I:

activity level II:

activity level III:

activity level IV:

If $\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} < 35$, then

Quelle: VDI 2078:2015, Ziffer 6.2.1

Aus den angegebenen Formeln ergeben sich folgende Feuchteproduktion in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur und der Aktivität:

Aktivität nach DIN EN 13779	Aktivitätsgrad	Raumlufttemperatur in °C						
		16	17	18	19	20	21	22
Entspannt sitzend	I	35	35	35	35	35	35	35
Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule)	II	35	35	39	45	50	55	61
Stehend, leichte Tätigkeit (Einkaufen, Leichtindustrie)	III	75	81	86	92	98	104	110
Stehend, mittelschwere Tätigkeit (Verkäufer, Arbeit an Maschinen)	IV	75	85	94	104	113	122	132

6.3. Literatur

6.3.1. Addendum zur Bauphysik – Bau & Energie von Zürcher, Frank und Manz

Das Fachbuch Bauphysik – Bau & Energie von Zürcher, Frank und Manz gehört seit Jahren zur Standardliteratur. Nach der Revision der SIA 180 wurde ein Addendum [13] zum Fachbuch veröffentlicht, das die Anwendung der SIA 180:2014 an Fallbeispielen anschaulich aufzeigt. Hier soll auf den Berechnungsgang für den minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstrom des detaillierten Nachweises zum Feuchteschutz hingewiesen werden.

Beispiel: Berechnung des minimal notwendigen Aussenluft-Volumenstroms $q_{v,min}$
Aussenklima Luzern (SIA-Merkblatt 2028 [3.6])
Raumklima gemäss Tabelle 3.4 und Abbildung 3.5 mit $\theta_{a,i} = 20\text{ °C}$
Feuchteproduktion $G = 300\text{ g/h}$

Monat	$\theta_{e,m}$ in SIA 2028 °C	$v_{e,m}$ in SIA 2028 g/m ³	$\theta_{a,i}$ °C	$p_{v,i,max}$ F 3.8 Pa	$\phi_{i,max}$ %	$v_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{R_v \cdot T_i}$ g/m ³	$q_{v,min} = \frac{G}{v_{i,max} - v_{e,m}}$ m ³ /h
Oktober	10.2	8.04	20	1424	60.9	10.52	121
November	4.5	5.71	20	1240	53.1	9.16	87
Dezember	2.0	4.76	20	1168	50.0	8.63	78
Januar	0.5	4.27	20	1127	48.2	8.33	74
Februar	1.8	4.39	20	1163	49.8	8.59	71
März	5.7	5.19	20	1276	54.6	9.43	71
April	8.8	6.07	20	1376	58.9	10.17	73

Quelle: Addendum 2016 zu Bauphysik – Bau & Energie Zürcher C., Frank Th., Manz H. (4. Auflage 2014).

6.3.2. Publikation Komfortlüftung von Heinrich Huber (in Überarbeitung)

Heinrich Huber, Dozent Hochschule Luzern, beschreibt in seiner derzeitigen Überarbeitung der Publikation *Komfortlüftung* (Faktor Verlag Zürich, 2010) [14], die Feuchteproduktion anhand verfügbarer Daten aus der Norm SIA 180:2014 und dem Merkblatt SIA2024:2015

Beschreibung	Aktivität		ganzer Tag
	wach	schlafen	
Dauer der Aktivität (Anwesenheit gem. SIA 2024:2015) [h]	6	8	14
Feuchtproduktion pro Person und Stunde (gem. SIA 180:2014, bei 24 °C) [g/h]	70	45	-
Aufsummierte Feuchtproduktion pro Person über die Dauer der Aktivität [g/d]	420	360	780
Weitere Feuchtequellen (in Anlehnung an SIA 2024:2015: pro Person 15 g/h bei Anwesenheit) [g/d]	-	-	220
Feuchteproduktion pro Person und Tag [g/d]	-	-	1000

Tabelle 2: Feuchteproduktion pro Person und Tag in einem MFH

Die Werte in Tabelle 2 liegen für dauernd belegte Wohnungen eher auf der konservativen Seite. Die Feuchteproduktion von Personen ist zwar bei 21 °C etwa 20 % tiefer als bei 24 °C. Dafür kann bei den "weiteren Feuchtequellen" je nach Kochgewohnheiten, Zimmerpflanzen etc. ohne weiteres eine zwei- bis viermal höhere Feuchteproduktion anfallen.

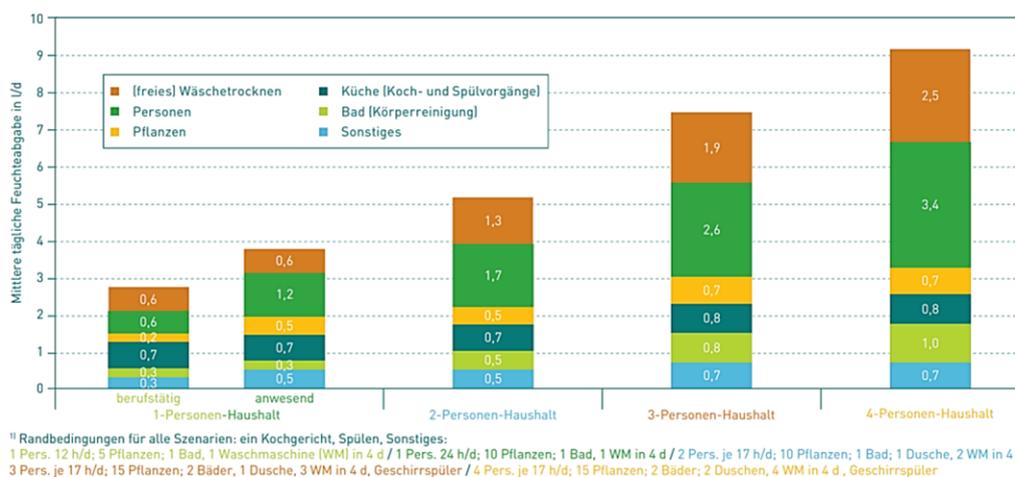
In Wohnungen fallen pro Person und Tag typischerweise 1 bis 1,5 kg Wasserdampf an.

Quelle: Überarbeitung Fachbuch *Komfortlüftung*, Kap. 1.5 Raumluftfeuchte (Vorabzug liegt dem Berichtersteller vor).

In der Schweiz wird mit den Standardangaben aus der Norm SIA 180:2014 und dem Merkblatt SIA 2024:2015 tendenziell eine zu niedrige Feuchteproduktion eingesetzt. Das Schweizer Verfahren für den minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz kompensiert aber diesen Umstand teilweise durch die Verwendung von Monatsmittelwerten des Standorts.

6.3.3. Buch Wohnungslüftung und Raumklima von Hartmut Künzel

Hartmut Künzel vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) beschreibt in seinem Buch *Wohnungslüftung und Raumklima* [15] nachfolgende Übersicht zur mittleren täglichen Feuchteabgabe in Modellwohnungen. Diese Daten wurden auch in die prDIN SPEC 4108-8:2020 übernommen (siehe dort Bild.2).



Quelle: Künzel H. (Hrsg.), *Wohnungslüftung und Raumklima*, 2. Auflage 2009

6.3.4. Master Thesis Turan H., Prognose von Feuchteproduktion im Wohnraum (2017)

Hanife Turan beschreibt ihrer Masterthesis *Analyse zu einer einfachen Möglichkeit der Prognose von Feuchteproduktion im Wohnraum auf Basis von Messdaten* (TU München, 2017, [16]) aus ihrer Sicht den aktuellen Stand des Wissens betreffend der Feuchteproduktion im Wohnraum. In dieser Arbeit wurde eine Möglichkeit zur Prognose der Feuchteproduktion auf Basis von Messdaten entwickelt. Die Literaturrecherche der einzelnen Feuchtequellen zeigte, dass die Ursachen und Auswirkungen der einzelnen Feuchtequellen nur bedingt erörtert vorliegen. Die detaillierten Untersuchungen liegen teilweise ein halbes Jahrhundert zurück.

Tätigkeit	Raumlufthtemperatur			
	18°C	20°C	22°C	24°C
Aktivitätsgrad I bis II nach DIN 1946-2 (körperlich nicht tätig bis leichte Tätigkeit im Stehen)	35 g/h	35 g/h	40 g/h	60 g/h
Aktivitätsgrad III nach DIN 1946-2 (leichte bis mäßig schwere körperliche Tätigkeit)	95 g/h	110 g/h	125 g/h	140 g/h

Quelle: VDI 2078

Anmerkung des Berichterstatters: Die zitierte Tabelle konnte weder in der Ausgabe 1996 noch in der Ausgabe 2015 der VDI 2078 gefunden werden.

Wasserdampfproduktion	Raumlufthtemperatur				
	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
Feuchteproduktion durch Atmung	27,4 g/h	26,4 g/h	24,3 g/h	24,0 g/h	22,7 g/h
Wasserverdunstung über die Haut	40,0 g/h	48,0 g/h	60,0 g/h	73,0 g/h	88,0 g/h
Gesamte Wasserdampfabgabe	67,4 g/h	74,4 g/h	84,3 g/h	97,0 g/h	110,7 g/h

Quelle: Schmittlutz 1975, S.84

Schleuderwirkungs- klasse (SWK)	Restfeuchte im Schnitt [%]	bei 5kg Trockenwäsche
A	<45	2-2,5
B	45-54	2,5
C	54-63	3
D	63-72	3,5
E	72-81	4
F	81-90	4,25
G	>90	4,5

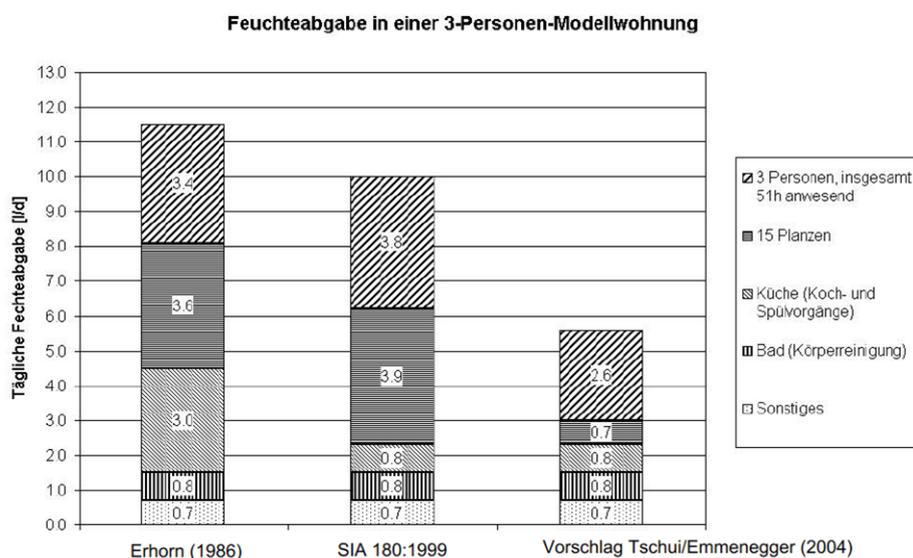
Quelle: Richtlinie 95/12/EG betreffend die Energiekettierung für elektrische Haushaltswaschmaschinen (1997), S.23

Trocknungsart	Dauer	Wasserdampfmenge
konventionell	Sommer: 10h	2500g/10h = 250 g/h
	Frühling/Herbst: 24h	2500g/24h = 100 g/h
	Winter: 48h	2500g/48 = 52 g/h
maschinell	1-2	500g/1h = 500g/h

Quelle: Masterthesis Turan TU München (2017), eigene Abschätzung S.33

6.3.5. Diplomarbeit Tschui A., Emmenegger Th., Raumluftfeuchte in Wohnungen (2004)

Adrian Tschui und Thomas Emmenegger haben 2004 in ihrer Diplomarbeit [17] an der damaligen Hochschule für Technik und Architektur (heute Hochschule Luzern) Überlegungen angestellt, wie die Feuchtebilanzierung während der Heizperiode in Summenhäufigkeits-Diagrammen gelöst werden kann. Der Schwerpunkt lag auf den damals beobachteten niedrigen relativen Feuchten in mechanisch belüfteten Passivhäusern. Für eine 3-Personen Modellwohnung berechneten sie nachfolgende Feuchteabgaben. Ihre Berechnungen basieren auf dem Wissenstand von 2004. Damals war man sich bewusst, dass die Wasserdampfabgabe von Pflanzen deutlich überschätzt wurde.



Quelle: Diplomarbeit Tschui A., Emmenegger Th., Raumluftfeuchte in Wohnungen, HTA Luzern (2004), S.28

6.3.6. Nazaroff W.W., Weschler J. Ch., Indoor acids and bases, Indoor Air Journal

Die amerikanischen Autoren Nazaroff und Weschler sind international renommierte Wissenschaftler, die sich in der International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) engagieren. Im peer-reviewed Journal Indoor Air haben sie kürzlich einen umfassenden 85-seitigen Übersichtsartikel zum Thema *Indoor Acids and Bases* [18] veröffentlicht. Sie gehen auch auf das Thema Feuchtigkeit ein. Die tägliche Feuchteproduktion von amerikanischen Haushalten wird wie folgt angegeben:

Haushalt mit einem Schlafzimmer: 8 kg/d (0.33 kg/h)
 Haushalt mit zwei Schlafzimmer: 12 kg/d (0.5 kg/h)
 Haushalt mit drei Schlafzimmer: 14 kg/d (0.58 kg/h)

Für jedes zusätzliche Schlafzimmer sind 1 kg/d einzusetzen.

Details können dem nachfolgenden Textauszug entnommen werden.

Bemerkenswert ist, dass bei einem Raumvolumen von 350 m³, einer Luftwechselrate von 0.5/h und der Feuchteproduktion von 0.33-0.58 kg/h die relative Feuchte um 8 bis 15% r.F. erhöht wird. Bei 25 °C und 50 % r.F. würde sich somit eine relative Feuchte von 58 % bis 65 % einstellen. Das bedeutet, dass **im Winter** mit der angegebenen Feuchteproduktion **keine zusätzliche Befeuchtung** erfolgen sollte.

Beyond air conditioning, other types of adventitious phase change would more commonly cause water to evaporate, increasing indoor water vapor (RH). TenWolde and Walker²⁹ have summarized residential moisture design loads. Representative water vapor emission rates from all indoor sources were scaled according to the number of bedrooms in the household: 8 kg/d (0.33 kg/h) for a one-bedroom unit, 12 kg/d (0.5 kg/h) for two bedrooms, 14 kg/d (0.58 kg/h) for three, and an increment of 1 kg/d for each additional bedroom. TenWolde and Pilon³⁰ have reviewed the component contributions to interior water vapor generation. For direct human emissions, representing the sum of respiration and transpiration, they suggest a range of 0.8-1.7 kg/d for an adult at rest. Personal emissions from children are assumed to scale in proportion to body weight. Each shower is estimated to emit in the range 0.2-0.8 kg of water vapor, depending on duration (in the range 3-15 min). Cooking for a family of four releases 0.24 kg/meal and dishwashing 0.25 kg/load of dishes. For a family of four, a bottom-up estimate of daily interior emissions of water vapor might sum to about 5 kg/d from personal emissions, 2 kg/d from bathing, and 1 kg/d from meals, or a total of about 8 kg/d = 330 g/h. The addition of 0.33-0.58 kg/h of water vapor into a residence of 350-m³ volume and an air-exchange rate of 0.5 h⁻¹ would add a mass concentration increment of 1.9-3.3 g/m³ to the indoor air-water vapor concentration. At T = 298 K, the corresponding increase in indoor relative humidity would be 8%-15%. Consequently, for these not uncommon conditions, an RH of 50% in the absence of contributions from the occupants would be expected to increase to 58%-65%.

TABLE 2
Residential Design Moisture Generation Rates

Number of bedrooms	Moisture generation rate		
1 bedroom	8 kg/day	0.9 × 10 ⁻⁴ kg/s	0.7 lb/h
2 bedrooms	12 kg/day	1.3 × 10 ⁻⁴ kg/s	1.1 lb/h
3 bedrooms	14 kg/day	1.6 × 10 ⁻⁴ kg/s	1.3 lb/h
4 bedrooms	15 kg/day	1.7 × 10 ⁻⁴ kg/s	1.4 lb/h
Additional bedrooms*	+1 kg/day	+0.1 × 10 ⁻⁴ kg/s	+0.09 lb/h

* Moisture generation per additional bedroom.

Quellen: Nazaroff W.W., Weschler J. Ch., *Indoor acids and bases, Indoor Air Journal* 2020;30:559-644 (p. 563) (linke Abbildung)
 TenWolde A., Walker I.S., *Interior Moisture Design Loads for residences, Buildings VIII/Whole Buildings – Principles*

7. Berechnungen, Analyse und Fragestellungen zur Ist-Situation

7.1. Zusammenstellung und Vergleich der Feuchteproduktion

Nachfolgend werden einige Werte für die Feuchteproduktion angegeben, die in den zuvor besprochenen Quellen zu finden sind.

		SIA 180:1999	TenWolde and Walker	SIA 2024:2015	prSIA 2024:2019	DIN 1946-6:2019	DIN SPEC 4108-08:2020
Grundfläche	[m ²]	100	100	100	100	100	100
Volumen	[m ³]	350	350	350	350	350	350
Feuchteproduktion niedrig 2 Pers.	[g/h]	200	330	200	250	298	216
Feuchteproduktion mittel 4 Pers.	[g/h]	400	500	300	300		280
Feuchteproduktion hoch 4 Pers. mit Wäschetrocknung	[g/h]	600	580				385
Feuchteproduktion sehr hoch	[g/h]	1000					

Aus der obenstehenden Übersicht ergibt sich, dass 200 g/h für einen 2-Personenhaushalt ohne Wäschetrocknung als niedrige Feuchteproduktion belastbar sind. Die als mittlere Feuchteproduktion festgelegten 400 g/h erscheinen ebenfalls plausibel. Es wird aber empfohlen, für eigene Berechnungen auf die Werte von Hartmut Künzel resp. DIN SPEC 4108-8 zurückzugreifen. Die Werte aus dem Review-Artikel von Nazaroff und Weschler (Originalquelle TenWolde and Walker) erscheinen für schweizerische und deutsche Verhältnisse als zu hoch bemessen.

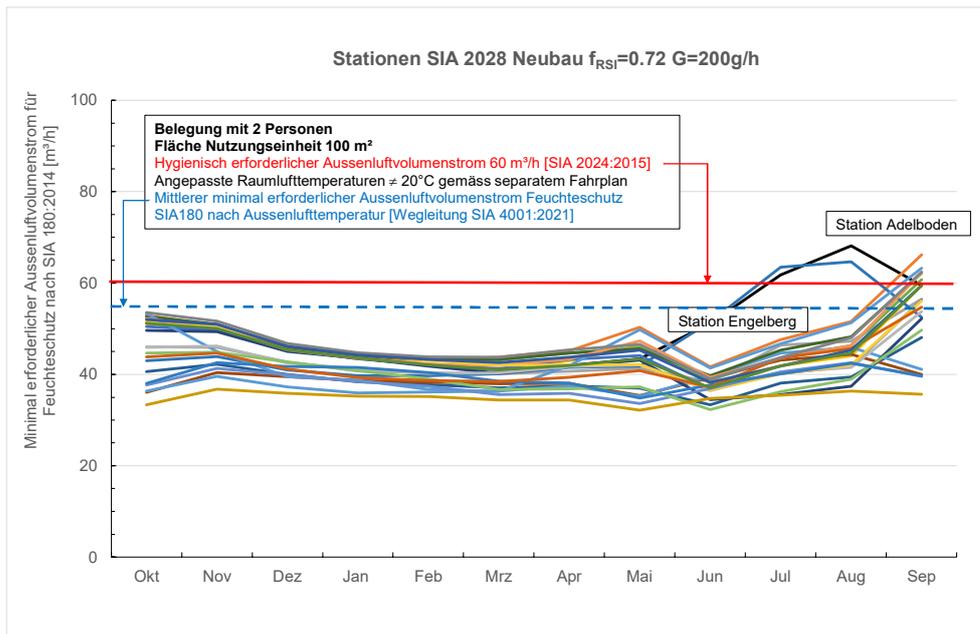
7.2. SIA 180:2014

Das im Kapitel 6, Feuchteschutz beschriebene Verfahren zur Festlegung der minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz soll verwendet werden, um eine schweizweite Übersicht zu erhalten. Hierzu werden Berechnungen für alle 40 Stationen der SIA 2028:2010 *Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik* durchgeführt. Die Berechnungen erfolgen für den Neubau und den Bestand mit niedriger und mittlerer Feuchteproduktion. Die Ergebnisse werden verglichen mit dem hygienisch erforderlichen Aussenluftvolumenstrom bei niedriger und mittlerer Belegung. Zudem ist der mittlere minimal erforderliche Aussenluftvolumenstrom für Feuchteschutz auftragen. Dieser ergibt sich aus den Berechnungen in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur gemäss des in der Wegleitung prSIA 4001:2020 beschriebenen Verfahrens.

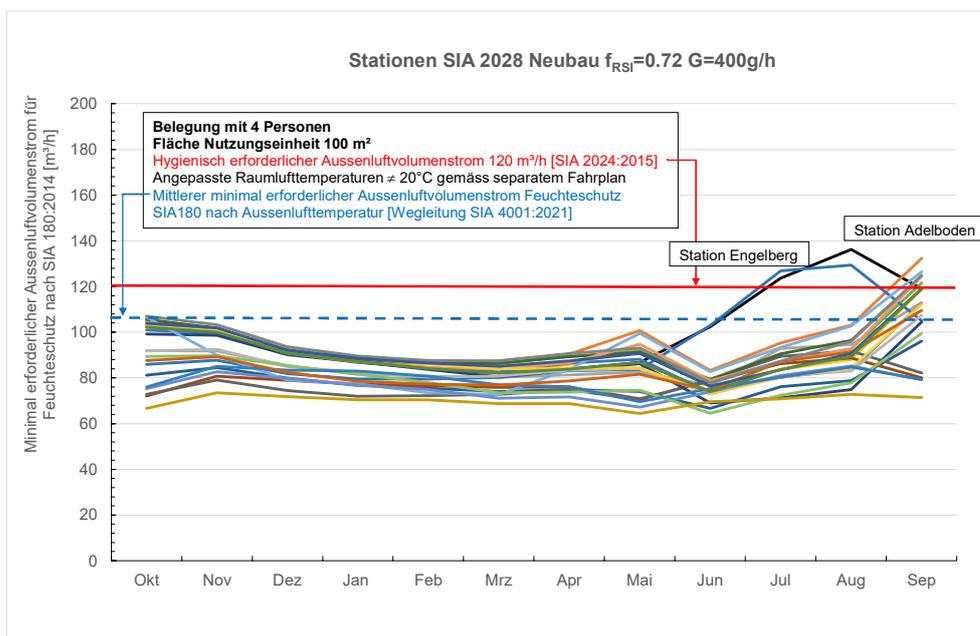
Vergleich SIA 180 Fall 4 (SIA 2028 vs. SIA 4001)												
f_{rsi}	0.59	Z	0.8	G				200	[g/h]	$Q_{v,min, mean}$		66
$t_{a,e}$	$t_{a,i}$	t_{si}	$P_{v,sat}(t_{a,e})$	$P_{v,sat}(t_{a,i})$	$P_{v,e}$	$P_{v,sat}(t_a)$	$P_{v,i,max}$	$\phi_{i,max}$	$V_{i,max}$	V_e	$Q_{v,min}$	
[°C]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[%]	[g/m³]	[g/m³]	[m³/h]	
-20	21	4.2	103	2485	82	824	544	22	4.01	0.71	61	
-15	21	6.2	165	2485	130	950	634	26	4.67	1.09	56	
-10	21	8.3	259	2485	201	1093	740	30	5.45	1.65	53	
-5	21	10.3	401	2485	306	1255	864	35	6.37	2.47	51	
0	21	12.4	611	2485	458	1438	1012	41	7.45	3.63	52	
5	21	14.4	872	2485	643	1643	1180	47	8.70	5.01	54	
10	21	16.5	1227	2485	890	1875	1378	55	10.15	6.81	60	
15	21.5	18.8	1704	2563	1214	2173	1634	64	12.01	9.13	69	
20	23	21.8	2337	2808	1636	2606	1995	71	14.59	12.09	80	
25	24	24.4	3166	2982	2177	3057	2392	80	17.44	15.82	124	
Vergleich SIA 180 Fall 4 (SIA 2028 vs. SIA 4001)												
f_{rsi}	0.59	Z	0.8	G				400	[g/h]	$Q_{v,min, mean}$		132
$t_{a,e}$	$t_{a,i}$	t_{si}	$P_{v,sat}(t_{a,e})$	$P_{v,sat}(t_{a,i})$	$P_{v,e}$	$P_{v,sat}(t_a)$	$P_{v,i,max}$	$\phi_{i,max}$	$V_{i,max}$	V_e	$Q_{v,min}$	
[°C]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[%]	[g/m³]	[g/m³]	[m³/h]	
-20	21	4.2	103	2485	82	824	544	22	4.01	0.71	121	
-15	21	6.2	165	2485	130	950	634	26	4.67	1.09	112	
-10	21	8.3	259	2485	201	1093	740	30	5.45	1.65	105	
-5	21	10.3	401	2485	306	1255	864	35	6.37	2.47	103	
0	21	12.4	611	2485	458	1438	1012	41	7.45	3.63	105	
5	21	14.4	872	2485	643	1643	1180	47	8.70	5.01	109	
10	21	16.5	1227	2485	890	1875	1378	55	10.15	6.81	120	
15	21.5	18.8	1704	2563	1214	2173	1634	64	12.01	9.13	139	
20	23	21.8	2337	2808	1636	2606	1995	71	14.59	12.09	160	
25	24	24.4	3166	2982	2177	3057	2392	80	17.44	15.82	247	
Vergleich SIA 180 Fall 4 (SIA 2028 vs. SIA 4001)												
f_{rsi}	0.72	Z	0.8	G				200	[g/h]	$Q_{v,min, mean}$		54
$t_{a,e}$	$t_{a,i}$	t_{si}	$P_{v,sat}(t_{a,e})$	$P_{v,sat}(t_{a,i})$	$P_{v,e}$	$P_{v,sat}(t_a)$	$P_{v,i,max}$	$\phi_{i,max}$	$V_{i,max}$	V_e	$Q_{v,min}$	
[°C]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[%]	[g/m³]	[g/m³]	[m³/h]	
-20	21	9.5	103	2485	82	1188	777	31	5.72	0.71	40	
-15	21	10.9	165	2485	130	1305	861	35	6.34	1.09	38	
-10	21	12.3	259	2485	201	1431	956	38	7.04	1.65	37	
-5	21	13.7	401	2485	306	1568	1065	43	7.84	2.47	37	
0	21	15.1	611	2485	458	1717	1191	48	8.77	3.63	39	
5	21	16.5	872	2485	643	1878	1331	54	9.80	5.01	42	
10	21	17.9	1227	2485	890	2052	1491	60	10.98	6.81	48	
15	21.5	19.7	1704	2563	1214	2291	1709	67	12.57	9.13	58	
20	23	22.2	2337	2808	1636	2668	2035	72	14.89	12.09	71	
25	24	24.3	3166	2982	2177	3033	2376	80	17.33	15.82	133	
Vergleich SIA 180 Fall 4 (SIA 2028 vs. SIA 4001)												
f_{rsi}	0.72	Z	0.8	G				400	[g/h]	$Q_{v,min, mean}$		109
$t_{a,e}$	$t_{a,i}$	t_{si}	$P_{v,sat}(t_{a,e})$	$P_{v,sat}(t_{a,i})$	$P_{v,e}$	$P_{v,sat}(t_a)$	$P_{v,i,max}$	$\phi_{i,max}$	$V_{i,max}$	V_e	$Q_{v,min}$	
[°C]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[%]	[g/m³]	[g/m³]	[m³/h]	
-20	21	9.5	103	2485	82	1188	777	31	5.72	0.71	80	
-15	21	10.9	165	2485	130	1305	861	35	6.34	1.09	76	
-10	21	12.3	259	2485	201	1431	956	38	7.04	1.65	74	
-5	21	13.7	401	2485	306	1568	1065	43	7.84	2.47	74	
0	21	15.1	611	2485	458	1717	1191	48	8.77	3.63	78	
5	21	16.5	872	2485	643	1878	1331	54	9.80	5.01	83	
10	21	17.9	1227	2485	890	2052	1491	60	10.98	6.81	96	
15	21.5	19.7	1704	2563	1214	2291	1709	67	12.57	9.13	116	
20	23	22.2	2337	2808	1636	2668	2035	72	14.89	12.09	143	
25	24	24.3	3166	2982	2177	3033	2376	80	17.33	15.82	265	

Hinweis:

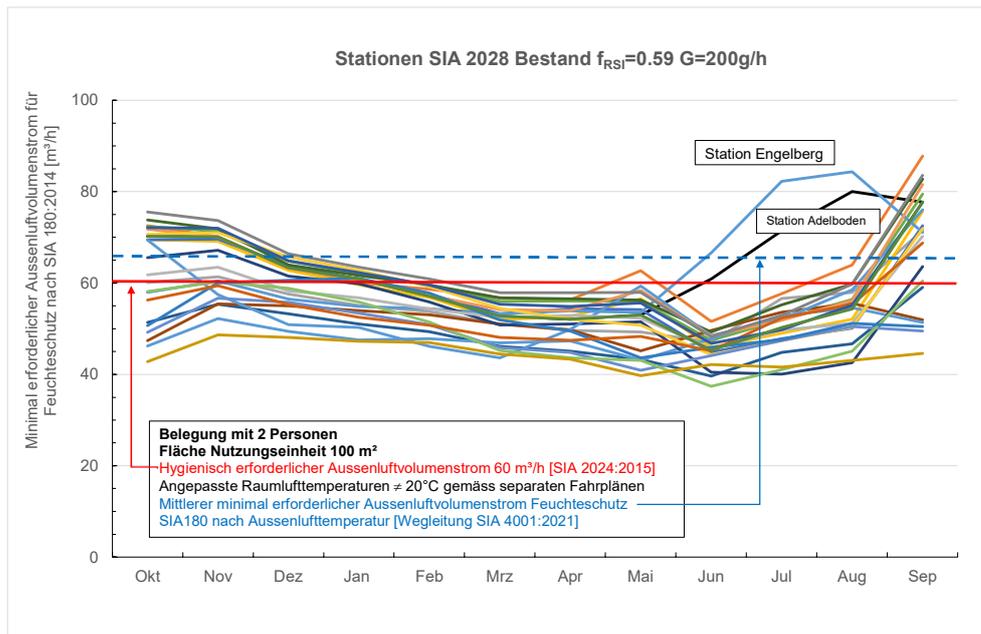
Der ermittelte Aussenluftvolumenstrom bei einer Aussenlufttemperatur von 25° C ist in allen vier Fällen überproportional gross. Zur Berechnung des mittleren minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstroms wird er jedoch trotzdem berücksichtigt. Dies erhöht über den gesamten Jahresverlauf die Sicherheitsreserve.



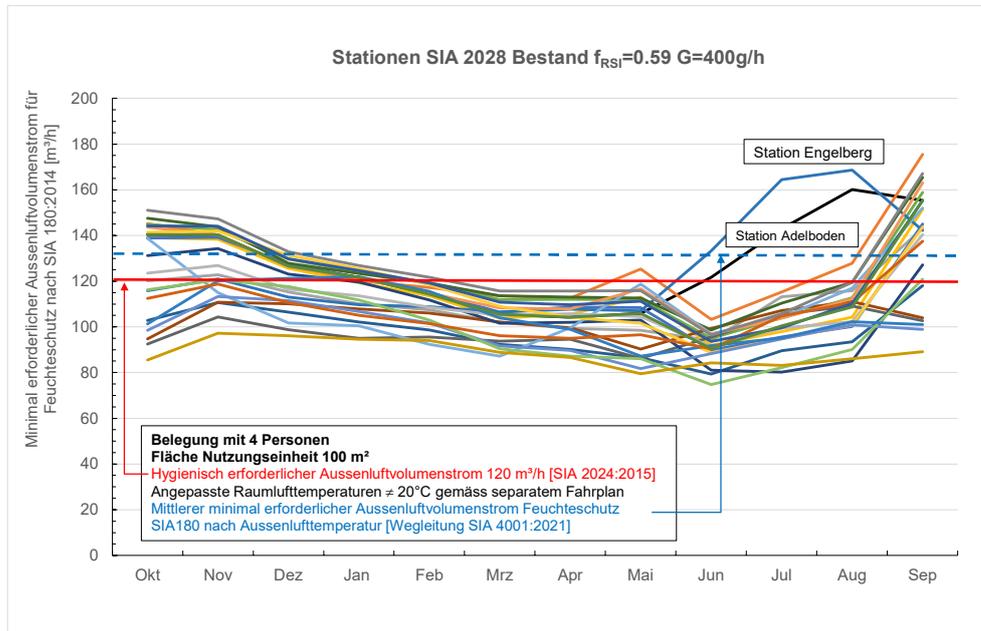
Für Neubauten mit niedriger Feuchteproduktion deckt der nach der Aussenlufttemperatur ermittelte erforderliche Aussenluftstrom von 54 m³/h mit Ausnahme des Septembers alle 40 Stationen der SIA 2028:2010 mit genügender Genauigkeit ab. Der hygienisch erforderliche Aussenluftvolumenstrom von **60 m³/h für Personen** ist massgebend.



Für Neubauten mit mittlerer Feuchteproduktion deckt der nach der Aussenlufttemperatur ermittelte erforderliche Aussenluftstrom von 109 m³/h alle 40 Stationen der SIA 2028:2010 mit genügender Genauigkeit ab. Der hygienisch erforderliche Aussenluftvolumenstrom von **120 m³/h für Personen** ist massgebend.



Für Bestandsbauten mit niedriger Feuchteproduktion deckt der nach der Aussenlufttemperatur ermittelte erforderliche Aussenluftstrom von $66 \text{ m}^3/\text{h}$ die Stationen der SIA 2028:2010 nur mit ungenügender Sicherheit ab. Der hygienisch erforderliche Aussenluftvolumenstrom von $60 \text{ m}^3/\text{h}$ für Personen ist für den Feuchteschutz zu niedrig. Um den Feuchteschutz zu erfüllen, müsste der Aussenluftvolumenstrom **rund $80 \text{ m}^3/\text{h}$** aufweisen.



Für Bestandsbauten mit mittlerer Feuchteproduktion deckt der nach der Aussenlufttemperatur ermittelte Aussenluftstrom von $132 \text{ m}^3/\text{h}$ die 40 Stationen nur mit ungenügender Sicherheit ab. Der hygienisch erforderliche Aussenluftvolumenstrom von $120 \text{ m}^3/\text{h}$ für Personen genügt den

Anforderungen demzufolge ebenfalls nicht. Um den Feuchteschutz zu erfüllen, müsste der Aussenluftvolumenstrom **rund 150 m³/h** aufweisen.

Es zeigt sich, dass der minimal erforderliche Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz nach SIA 180:2014 bei Bestandsbauten über dem erforderlichen hygienischen Aussenluftvolumenstrom liegt.

7.3. SIA 2024:2015 respektive SIA 2024:2019-09 Stand Vernehmlassung

Mit den nachfolgenden Berechnungen wurde untersucht, ob der erforderliche Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz denjenigen für die Hygiene je nach Nutzung übersteigen kann. Die Basisdaten stammen aus dem Merkblatt SIA 2024:2015 und dem Merkblatt SIA 2028:2010. Verwendet wurden die Stationsdaten von Zürich-MeteoSchweiz.

In der linken Tabelle wird ersichtlich, dass für die Nutzungen Wohnen MFH und Wohnen EFH bereits in der aktuellen Fassung 2015 im Neubau ($f_{RSI}=0.72$) etwa gleiche Werte berechnet werden. In der aktuellen Ausgabe 2015 ist der hygienisch erforderliche Aussenluftvolumenstrom meistens massgebend.

In der laufenden Revision des Merkblatts SIA2024 wurde die Feuchteproduktion von Personen erhöht und der Aussenluftvolumenstrom für Hygiene reduziert - unter Hinweis auf unterstützende Fensterlüftung. Der erforderliche Aussenluftvolumenstrom für Feuchteschutz in der rechten Tabelle ist für die fast alle Nutzungen grösser als der erforderliche Aussenluftvolumenstrom für Hygiene. Im Bestand ($f_{RSI}=0.59$) betragen die Werte 23 m³/h (MFH) und 19 m³/h (EFH) und übersteigen die erforderlichen Aussenluftvolumenströme für die Hygiene von 14 m³/h (MFH) und 10 m³/h (EFH) bereits deutlich. In einigen Nutzungen ist der prozessbedingte Aussenluft-Volumenstrom massgebend.

Raumnutzung	SIA 2024	Berechnung	Fläche	SIA 2024:2015					Neubau $f_{RSI}=0.72$		SIA 2024:2019					Neubau $f_{RSI}=0.72$		Bestand $f_{RSI}=0.59$	
				Feuchteproduktion Personen	Feuchteproduktion andere SIA	Feuchteproduktion gesamt SIA	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumenstrom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumenstrom Hygiene m ³ /h	Feuchteproduktion Personen pSIA	Feuchteproduktion andere Quellen pSIA	Feuchteproduktion gesamt pSIA	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumenstrom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumenstrom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumenstrom Hygiene m ³ /h	Aussenluftvolumenstrom Prozess m ³ /h		
			m ²	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/h	m ³ /h	m ³ /h	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/(h m ²)	g/h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h		
1.1	Wohnen MFH		20	2.5	0.5	3.0	60	18	20	2.5	0.5	3.0	60	18	23	14			
1.2	Wohnen EFH		20	1.5	0.5	2.0	40	12	12	2.0	0.5	2.5	50	15	19	10			
2.1	Hotelzimmer		20	5.5	0.5	6.0	120	36	48	6.0	0.5	6.5	130	39	50	34			
2.2	Empfang, Lobby		144	16.0	0.5	16.5	2376	706	1037	18.0	0.5	18.5	2664	792	1035	720			
3.1	Einzel-, Gruppenbüro		36	5.5	0.5	6.0	216	64	94	6.5	0.5	7.0	252	75	98	65			
3.2	Grossraumbüro		144	8.0	0.5	8.5	1224	364	518	9.0	0.5	9.5	1368	407	531	360			
3.3	Sitzungszimmer		36	26.5	0.5	27.0	972	289	432	30.0	0.5	30.5	1098	326	427	299			
3.4	Schalterhalle, Empfang		144	6.5	0.5	7.0	1008	300	360	7.5	0.5	8.0	1152	343	447	302			
4.1	Schulzimmer		70	26.5	0.5	27.0	1890	562	581	22.5	0.5	23.0	1610	479	625	147			
4.2	Lehrerzimmer		36	26.5	0.5	27.0	972	289	432	22.5	0.5	23.0	828	246	322	227			
4.3	Bibliothek		144	16.0	0.5	16.5	2376	706	1037	18.0	0.5	18.5	2664	792	1035	720			
4.4	Hörsaal		144	40.0	0.5	40.5	5832	1734	2160	30.0	0.5	30.5	4392	1306	1706	1195			
4.5	Schulfachraum (Spezialraum)		70	16.0	0.5	16.5	1155	343	420	18.0	0.5	18.5	1295	385	503	350			
5.1	Lebensmittelverkauf		400	10.0	0.5	10.5	4200	1249	1520	11.5	0.5	12.0	4800	1427	1864	1240			
5.2	Fachgeschäft		400	10.0	0.5	10.5	4200	1249	1520	11.5	0.5	12.0	4800	1427	1864	1240			
5.3	Verkauf Möbel, Bau, Garten		400	5.5	0.5	6.0	2400	714	800	6.0	0.5	6.5	2600	773	1010	680			
6.1	Restaurant		144	40.0	0.5	40.5	5832	1734	2160	45.0	0.5	45.5	6552	1948	2545	1800			
6.2	Selbstbedienungsrestaurant		400	40.0	0.5	40.5	16200	4817	7200	45.0	0.5	45.5	18200	5412	7070	5000			
6.3	Küche zu Restaurant		36	34.0	10	44.0	1584	590	720	37.0	10.0	47.0	1692	630	870	299	2880		
6.4	Küche zu Selbstbedienungsrest.		144	34.0	10	44.0	6336	2358	2880	37.0	10.0	47.0	6768	2519	3481	1195	11520		
7.1	Vorstellungssaal		400	26.5	0.5	27.0	10800	3211	4800	30.0	0.5	30.5	12200	3628	4739	3320			
7.2	Mehrzweckhalle		400	26.5	0.5	27.0	10800	3211	4800	30.0	0.5	30.5	12200	3628	4739	3320			
7.3	Ausstellungshalle		400	26.5	0.5	27.0	10800	3211	4800	30.0	0.5	30.5	12200	3628	4739	3320			
8.1	Bettenzimmer		36	5.5	0.5	6.0	216	62	86	6.0	0.5	6.5	234	67	92	61			
8.2	Stationszimmer		36	26.5	0.5	27.0	972	289	432	30.0	0.5	30.5	1098	326	427	299			
8.3	Behandlungsraum		36	16.0	0.5	16.5	594	170	259	18.0	0.5	18.5	666	191	262	180			
9.1	Produktion (grobe Arbeit)		400	11.5	0	11.5	4600	2368	4000	12.5	0.0	12.5	5000	2574	3609	1120	4000		
9.2	Produktion (feine Arbeit)		400	5.5	0	5.5	2200	654	4000	6.0	0.0	6.0	2400	714	932	680	2000		
9.3	Laborraum		70	5.5	0	5.5	385	114	1400	6.0	0.0	6.0	420	125	163	119	840		
10.1	Lagerhalle		400	4.5	0	4.5	1800	610	600	4.5	0.0	4.5	1800	610	596	400			
11.1	Turnhalle		600	14.0	0	14.0	8400	4325	2700	15.0	0.0	15.0	9000	4633	6496	1860			
11.2	Fitnessraum		144	28.0	0	28.0	4032	2076	1296	30.0	0.0	30.0	4320	2224	3118	907			
11.3	Schwimmhalle		400	8.0	10	18.0	7200	1655	1440	18.5	10.0	28.5	11400	2621	3599	1680	8000		
12.1	Verkehrsfläche		20	0	0	0.0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	10			
12.2	Verkehrsfläche 24 h		20	0	0	0.0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	10			
12.3	Treppenhaus		20	0	0	0.0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	10			
12.4	Nebenraum		20	0	0	0.0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	10			
12.5	Küche, Teeküche		20	40.0	10.0	50.0	1000	297	480	45.0	10.0	55.0	1100	327	427	250			
12.6	WC, Bad, Dusche		20	0	10.0	10.0	200	59	320	0	10.0	10.0	200	59	78	320			
12.7	WC		4	0	1.0	1.0	4	1	32	0	1.0	1.0	4	1	2	32			
12.8	Garderobe, Dusche		36	0	10.0	10.0	360	107	720	0	10.0	10.0	360	107	140	720			
12.9	Parkhaus		400	0	0	0	0	0	800	0	0	0.0	0	0	0	800			
12.10	Wasch- und Trockenraum		36	0	0	0	0	0	144	0	0	0.0	0	0	0	144			
12.11	Kühlraum		36	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0			
12.12	Serverraum		20	0	0	0	0	0	40	0	0	0.0	0	0	0	10			

Aufgrund der Projekterkenntnisse wurden die Berechnungen auf Basis SIA 2028:2010 mit einer an die Aussenlufttemperatur angepassten Raumluffttemperatur ($\neq 20^\circ \text{C}$) für die Nutzungen MFH und EFH nochmals durchgeführt. Die erforderlichen Aussenluftströme für den Feuchteschutz reduzierten sich nur geringfügig.

Wesentlich aussagekräftiger ist der Vergleich zwischen der Station Zürich-MeteoSchweiz mit Monatsmittelwerten und den stationsunabhängigen Werten mit Aussenlufttemperaturen und berechneten Aussenluftfeuchtegehalten. Zum generellen Vergleich der beiden Berechnungsansätze siehe Kapitel 7.2 im vorliegenden Bericht.

Es bleibt die Feststellung, dass bei der Verwendung von Raumnutzungsdaten nach SIA 2024 aufgrund der beschriebenen Unsicherheiten immer geprüft werden muss, welcher Aussenluftvolumenstrom massgebend ist. Mit der Revision der SIA 2024 ist die Annahme, dass der Aussenluftvolumenstrom für Feuchteschutz mit der Wahl des Aussenluftvolumenstroms für Hygiene automatisch sichergestellt ist, nicht mehr gültig.

Station Zürich-MeteoSchweiz nach Merkblatt SIA 2028:2010

Raumnutzung							Neubau $f_{RSI}=0.72$						Neubau $f_{RSI}=0.72$	Bestand $f_{RSI}=0.59$	
SIA 2024	Bezeichnung	Fläche	Feuchteproduktion Personen SIA 2024:2015	Feuchteproduktion andere SIA 2024:2015	Feuchteproduktion gesamt SIA 2024:2015	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumen- strom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Hygiene m^3/h	Feuchteproduktion Personen prSIA 2024:2019	Feuchteproduktion andere Quellen prSIA 2024:2019	Feuchteproduktion gesamt prSIA 2024:2019	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumenstro- m Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Hygiene m^3/h
		m^2	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	g/h	m^3/h	m^3/h	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	g/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h
1.1	Wohnen MFH	20	2.5	0.5	3.0	60	18	20	2.5	0.5	3.0	60	18	23	14
1.2	Wohnen EFH	20	1.5	0.5	2.0	40	12	12	2.0	0.5	2.5	50	15	19	10

Stationsunabhängig nach Wegleitung prSIA 4001:2020 zur SIA 180:2014

Raumnutzung							Neubau $f_{RSI}=0.72$						Neubau $f_{RSI}=0.72$	Bestand $f_{RSI}=0.59$	
SIA 2024	Bezeichnung	Fläche	Feuchteproduktion Personen SIA 2024:2015	Feuchteproduktion andere SIA 2024:2015	Feuchteproduktion gesamt SIA 2024:2015	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumen- strom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Hygiene m^3/h	Feuchteproduktion Personen prSIA 2024:2019	Feuchteproduktion andere Quellen prSIA 2024:2019	Feuchteproduktion gesamt prSIA 2024:2020	Feuchteproduktion	Aussenluftvolumen- strom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Feuchteschutz SIA 180	Aussenluftvolumen- strom Hygiene m^3/h
		m^2	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	g/h	m^3/h	m^3/h	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	$\text{g}/(\text{h m}^2)$	g/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h
1.1	Wohnen MFH	20	2.5	0.5	3.0	60	16	20	2.5	0.5	3.0	60	16	17	14
1.2	Wohnen EFH	20	1.5	0.5	2.0	40	11	12	2.0	0.5	2.5	50	14	16	10

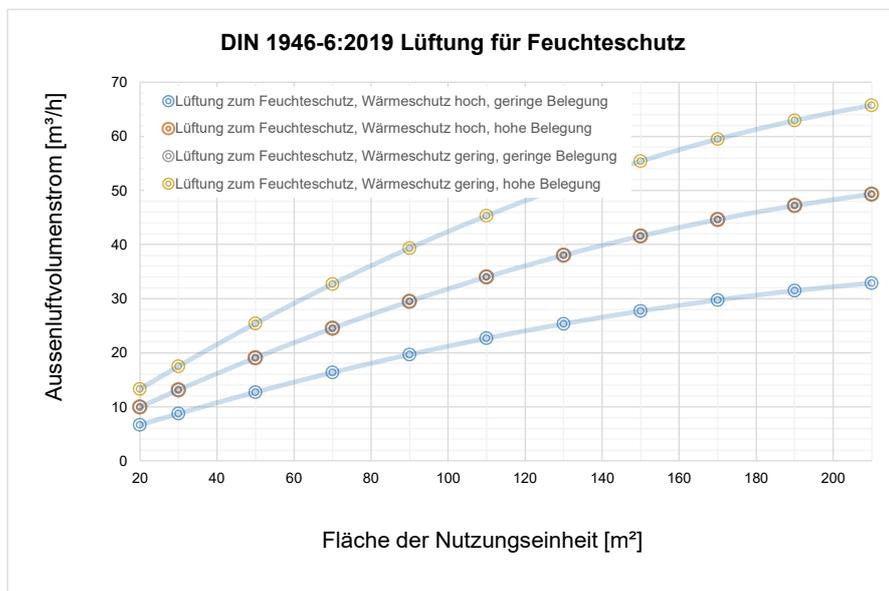
7.4. DIN 1946-6:2019

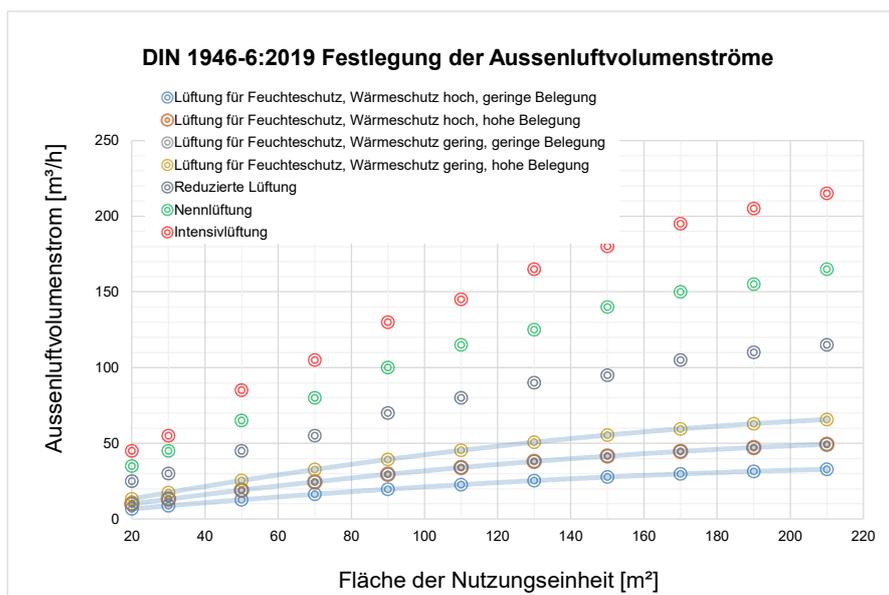
Die DIN 1946-6:2019 legt bezüglich Lüftung für den Feuchteschutz vier Kombinationen für den Wärmeschutz und die Belegung fest. Daraus können in Abhängigkeit der Fläche der Nutzungseinheit die erforderlichen Aussenluftvolumenströme berechnet werden. Die im vorliegenden Bericht für Schweizer Verhältnisse gewählte durchschnittliche Fläche von 100 m² ergibt folgende Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz:

DIN 1946-6:2019 Fläche Nutzungseinheit A _{NE} [m ²]	Lüftung für Feuchteschutz				Reduzierte Lüftung [m ³ /h]	Nennlüftung [m ³ /h]	Intensivlüftung [m ³ /h]
	hoher Wärmeschutz geringe Belegung 0.2	hoher Wärmeschutz hohe Belegung 0.3	geringer Wärmeschutz geringe Belegung 0.3	geringer Wärmeschutz hohe Belegung 0.4			
20	7	10	10	13	25	35	45
30	9	13	13	17	30	45	55
50	13	19	19	25	45	65	85
70	16	25	25	33	55	80	105
90	20	29	29	39	70	100	130
100	21	32	32	42	80	110	140
110	23	34	34	45	80	115	145
130	25	38	38	51	90	125	165
150	28	42	42	55	95	140	180
170	30	45	45	59	105	150	195
190	31	47	47	63	110	155	205
210	33	49	49	66	115	165	215

Hinweis: Die Extrazeile bei 100 m² wurde durch den Berichtersteller eingefügt. Die erhaltenen Werte sind interpoliert und gerundet.

Aus den Tabellen ergeben sich folgende beiden Grafiken:





Aus der Gesamtübersicht ist ersichtlich, dass selbst bei reduzierter Lüftung der Feuchteschutz gewährleistet ist. Allerdings hat die Nichtberücksichtigung der freien Wäschetrocknung durch die DIN 1946:2019 in der Fachpresse bereits berechtigten Widerspruch ausgelöst.

Abschliessend und zusammengefasst ergeben sich im deutsch-schweizerischen Vergleich die folgenden approximativen erforderlichen Aussenluftströme für den Feuchteschutz und die Hygiene:

	Lüftung für Feuchteschutz bei $A_{NE} = 100 \text{ m}^2$				Reduzierte Lüftung [m ³ /h]	Nennlüftung [m ³ /h]	Intensivlüftung [m ³ /h]
	hoher Wärmeschutz geringe Belegung $f_{RSI}=0.72 \text{ G}=200 \text{ g/h (CH)}$	hoher Wärmeschutz hohe Belegung $f_{RSI}=0.72 \text{ G}=400 \text{ g/h (CH)}$	geringer Wärmeschutz geringe Belegung $f_{RSI}=0.59 \text{ G}=200 \text{ g/h (CH)}$	geringer Wärmeschutz hohe Belegung $f_{RSI}=0.59 \text{ G}=400 \text{ g/h (CH)}$			
DIN 1946-6:2019	21	32	32	42	80	110	140
SIA 180:2014 (SIA 2024)	54	109	66	132	50 / 100 ^a	60 / 120 ^b	72 / 144 ^c

^a 25 m³/h pro Person
^b 30 m³/h pro Person
^c 36 m³/h pro Person

7.5. Berechnungstool Diplomarbeit Tschui / Emmenegger HTA Luzern (2004)

Tschui und Emmenegger entwickelten in ihrer Diplomarbeit 2004 [17] ein EXCEL-Tool zur Berechnung von stationsabhängigen Summenhäufigkeiten der relativen Feuchte in Wohngebäuden. Implementiert sind elf Stationen aus dem Merkblatt SIA 2028:2010:

Basel	Bern
Chur	Davos
Genf	Lugano
Luzern	Samedan
Sion	St. Gallen
Zürich-MeteoSchweiz	

Eigene Messwerte der Aussen- und Raumkonditionen können berücksichtigt werden. Für einen 4-Personenhaushalt in Luzern ergeben sich beispielhaft die folgenden Eingabedaten.

The screenshot shows the 'Allgemeine Eingabedaten' dialog box with the following settings:

- Grundlagen:**
 - Meteostation: Luzern
 - Messwerte Aussenluft:
 - Messwerte Wohnung:
 - Temperatur im Raum: 22 °C
 - Minimale Luftfeuchtigkeit: 30 %
 - Maximale Luftfeuchtigkeit: 60 %
- Lüftung:**
 - Unbekannte markieren:
 - Wohnungsvolumen: 350 m³
 - mech. Luftvolumenstrom: 120 m³/h
 - mech. Luftwechsel: 0.34 1/h
 - n50-Wert: 0.5 1/h
 - Einwirkungsseiten: mehrere Seiten
 - Abschirmung: keine
 - Fensterlüftung: konsequent keine
- Feuchteabgaben:**
 - Personen: 4 Stk.
 - oder: genaue Eingabe
 - kleine Pflanzen: 5 Stk.
 - grosse Pflanzen: 5 Stk.
 - Haustiere: 20 kg
 - Wäschetrocknen in Whg.:
 - Befeuchter:
 - max. Leistung: 3.4 l/d
 - Befeuchter aus bei: 60 %
 - spez. Befeuchtungsenergie: 690 Wh/l
 - WRG mit Feuchteübertr.:
 - Kennlinie WRG:

Buttons at the bottom: Schliessen, Abbrechen, Drucken.

Eine eventuelle Feuchterückgewinnung der mechanischen Lüftungsanlage kann berücksichtigt werden. Ebenso eine zusätzliche lokale Raumluftbefeuchtung.

Eingabedaten Personenbelegung

Personen	Anwesenheit: keine	immer	Nacht
Person 1:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 2:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 3:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 4:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 5:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Person 6:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Schliessen Abbrechen

Eingabe WRG

Daten WRG mit Feuchteübertragung

Ausstemperatur: -22 -20 -18 -16 -14 -12 -10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 °C

Feuchteübertragung: 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.70 0.60

Ausstemperatur: 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 °C

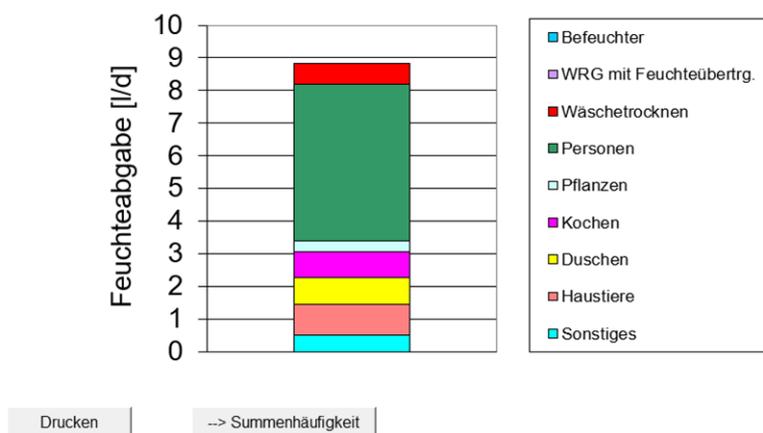
Feuchteübertragung: 0.50 0.40 0.30 0.20 0.10 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

Schliessen Abbrechen

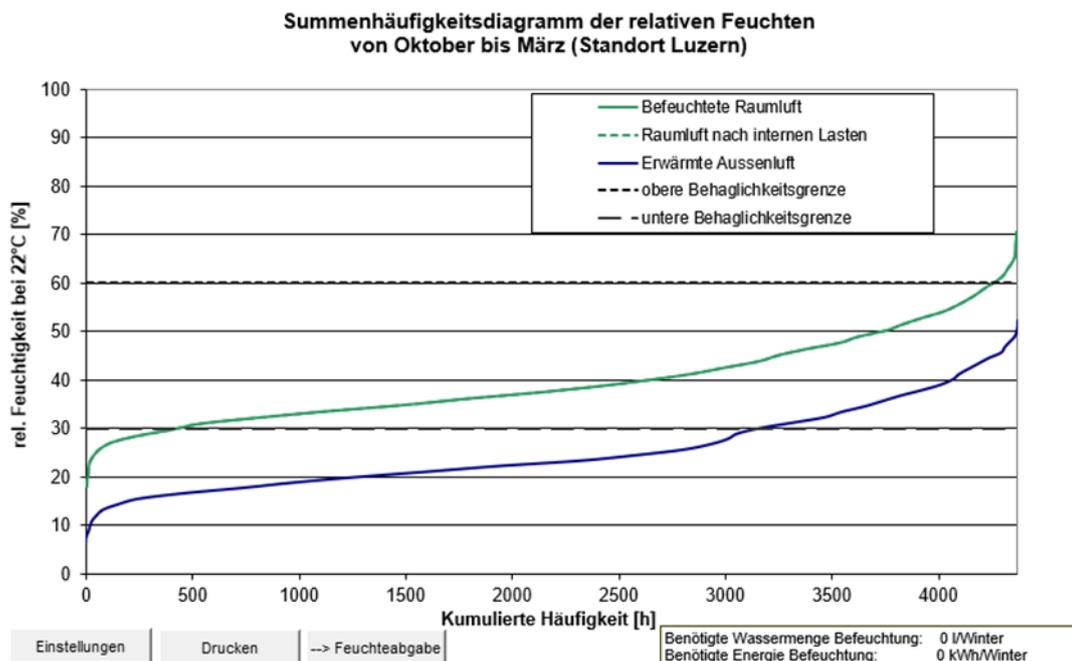
Die Feuchteübertragung und die Personenbelegung können falls erforderlich noch genauer festgelegt werden.

Für einen 4-Personenhaushalt ergibt sich die eine approximative Feuchteproduktion von rund 9 kg pro Tag. Dieser Wert stimmt gut mit den Literaturwerten von Harmut Künzel überein.

durchschnittliche Feuchteabgaben von Oktober bis März



Die resultierende Summenhäufigkeit für die erwärmte Aussenluft (Zuluft) und die Raumluft wird für den Zeitraum Oktober bis März für den ausgewählten Standort ausgegeben.



Dieses Berechnungstool wurde 2006 im BFE Projekt *Feuchte in Niedrigenergiebauten* mit Feldmessungen und Simulationsberechnungen (EQUA IDA ICE) validiert. Die erzielten Ergebnisse waren belastbar.

Empfehlung:

Der **Berichtersteller empfiehlt dem Auftraggeber, dass dieses Feuchte-Berechnungstool einem weiteren Anwenderkreis verfügbar gemacht wird. Heutzutage geschieht dies am besten als Online-Tool. Mit dem Berechnungstool können sehr viele Fragestellungen zur Feuchteproduktion, zur lokalen Raumluftbefeuchtung, zum Lüftungskonzept und zur Feuchterückgewinnung rasch und sicher beantwortet werden.**

8. Handlungsempfehlungen und Vorschläge für die normative Umsetzung

8.1. Allgemeines

Im Rahmen dieses BAG-Projekts wurden die schweizerischen normativen Vorgaben für den Feuchteschutz mit vorhandenen ausländischen normativen und informativen Vorgaben verglichen. Vergleichend wurden auch Literaturwerte hinzugezogen. Es zeigte sich, dass keine einheitliche Datenbasis zur Feuchteproduktion besteht. Im internationalen Vergleich variieren die Angaben deutlich und sind geprägt von nationalen Unterschieden im Nutzerverhalten und weiteren Einflussfaktoren.

In der Schweiz fehlt es an einem einfach anzuwendenden und sich auf dem Stand des Wissens befindenden Verfahren zur Erbringung des Nachweises für den Feuchteschutz mit Lüftungstechnischen Massnahmen.

Für die meisten Lüftungsplaner stellt der Nachweis für den Feuchteschutz eine (zu) grosse Herausforderung dar. Bisher war man der Meinung, dass der erforderliche Aussenluftvolumenstrom für den Feuchteschutz automatisch durch die hohen hygienisch erforderlichen Aussenluftvolumenströme gedeckt ist. Mit der Absicht die erforderlichen Aussenluftstraten aus energetischen Gründen weiter zu reduzieren und zusätzlich auf sogenannte unterstützende Fensterlüftung zu setzen, könnten die Anforderungen an den Feuchteschutz verletzt werden. Abzuwarten bleibt, wie sich die Diskussion um zukünftige Luftwechselraten im Anbetracht der Covid-19 Pandemie entwickeln wird.

Die effektiven Luftwechselraten in Wohngebäuden im Bestand haben sich über den Lauf der Jahre reduziert. Dies wird verursacht durch dichtere Gebäudehüllen, Reduktion der normativ vorgegebenen Aussenluftvolumenströme und das Nutzerverhalten. Wohngebäude mit mechanischen Lüftungsanlagen werden betreffend Feuchteschutz als weniger kritisch beurteilt. Bei zentralen Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen scheint Vorsicht geboten, da hier häufig die Aussenluftvolumenströme reduziert werden, um Zugluftbeschwerden zu reduzieren. Wohngebäude mit Fensterlüftung sollten in der Praxis besser untersucht werden, ebenso zentrale Abluftanlage mit Aussenluftdurchlässen oder sogenannten Fensterlüftern.

Heinrich Huber, Dozent Hochschule Luzern, beschreibt den aktuellen Stand bezüglich Feuchteschutz durch Lüftungstechnische Massnahmen in Schweizer Normen in seiner Überarbeitung des Kapitels Raumluftfeuchte im Fachbuch Komfortlüftung wie folgt:

Generelle Feststellung

Die SIA-Normen definieren nicht klar, wie nachzuweisen ist, dass diese Anforderungen eingehalten sind. Falls ein Nachweis geführt wird, muss für die Berechnung Folgendes festgelegt werden:

Statische oder dynamische Berechnung?

Unter anderem muss geklärt werden, wie mit der Feuchtespeicherung von Baustoffen und Einrichtungen umgegangen wird. Im Rahmen der Studie «Feuchte in Niedrigenergiebauten» des Bundesamts für Energie (2006) wurden statische und dynamische Berechnungen verglichen. Für typische Wintertage ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede. Bei extremen Bedingungen, d. h. bei sehr tiefen Aussenluftfeuchten, ergab die dynamische Berechnung etwas höhere Raumlufffeuchten.

Feuchteproduktion

Die SIA-Normen definieren keinen eindeutigen Wert und schon gar keinen Tagesverlauf zur Feuchteproduktion. Zudem ist offen, welcher Anteil der Feuchteproduktion direkt abgeführt wird (z. B. via Badabluft) und welcher Anteil in die Zimmer gelangt. Relevant ist auch, ob eine Dunstabzugshaube mit Fortluft oder Umluft eingesetzt wird.

Lüftungskonzept

Es muss definiert werden, wie gross der Aussenluftvolumenstrom ist und wie er gesteuert oder geregelt wird. Festzulegen gilt auch, welche zusätzliche Infiltration vorhanden ist. Bei einer Feuchterückgewinnung muss der Feuchterückgewinnungsgrad definiert werden.

Unterscheidung von Räumen

SIA 2024 betrachtet die ganze Wohnung als eine zusammenhängende Zone mit gleichen Bedingungen. Die Lüftungsnormen gehen aber von geschlossenen Zimmertüren aus. Für die Feuchteverteilung auf die einzelnen Räume ist das ein Unterschied.

Quelle: Überarbeitung Fachbuch Komfortlüftung, Kap. 1.5 Raumlufffeuchte (Vorabzug liegt dem Berichterstatter vor).

Die Erkenntnisse des Berichterstatters decken sich die Aussagen von Heinrich Huber vollumfänglich.

8.2. SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden

Die Norm SIA 180 legt die Anforderungen an den Feuchteschutz fest. Sie ist ein zentraler Bestandteil der Bauphysik. Daher stehen bauphysikalische Überlegungen im Vordergrund. Mit den Ausgaben 1999 und 2014 stehen Nachweisverfahren zur Festlegung der erforderlichen Aussenluftvolumenströme und der minimal erforderlichen Oberflächentemperaturfaktoren f_{RSI} zur Verfügung. Die Betrachtung ist statisch geprägt unter Verwendung der Monatsmittelwerte nach SIA 2028:2010. Heute geht aus dieser Norm nicht hervor, wie die mittlere tägliche Feuchteproduktion zu bestimmen ist. Das Verfahren ist zu wenig differenziert auf die heutige Situation in Wohngebäuden abgestimmt. Seit der Ausgabe 1999 ist das Verfahren zur Bestimmung der minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz unverändert. Mit der Ausgabe 2014 sind zahlreiche Berechnungsbeispiele entfallen. Dies hat in der Vergangenheit dazu geführt, dass Lüftungsplaner mit dem Nachweis eines Feuchteschutzes aufgrund der Aussenluftvolumenströme herausgefordert sind. Selbst in weitverbreiteter Bauphysikliteratur wie Zürcher, Frank und Manz wurde das Berechnungsverfahren erst in einem Addendum anlässlich der Erscheinung SIA 180 2014 nachvollziehbar dargelegt. Mit der Erscheinung der Wegleitung prSIA 4001:2020 sind die Berechnungsbeispiele wieder aufgenommen worden. Allerdings muss nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Wegleitung bereits vor der Publikation stark fehlerbehaftet ist. Eine Überprüfung der alten Wegleitung Dokumentation D 0166 zur SIA 180:1999 ergab, dass die neue Wegleitung vieles übernommen hat und Fehler vor allem durch Ergänzungen entstanden sind. Die Kommission NK 180 hat in den vergangenen Jahren mit den FAQ:2017, den Korrigenda C1:2015 und C:2020 sowie der Wegleitung prSIA 4001 leider nicht immer zur besseren Handhabung der massgebenden Norm SIA 180 beigetragen.

Für eine kommende Revision dieser wichtigen Norm wird folgendes empfohlen:

- **Festlegung** der massgebenden **mittleren täglichen Feuchteproduktion** unter **Berücksichtigung der kommenden DIN SPEC 4108-8**.
- **Implementierung** eines einfachen, aber zweckmässigen **Berechnungsverfahrens** für den **Feuchteschutz durch Lüftungstechnische Massnahmen**
- Besetzung der Kommission NK 180 mit einem Mitglied der NK 382
- Besetzung der Kommission NK 382 mit einem Mitglied der NK 180

8.3. prSIA 2024:2019 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik

Mit der bevorstehenden Publikation des überarbeiteten Merkblatts SIA 2024 werden nicht verifizierbare Quellen für die Feuchteproduktion weiterverwendet. Die Verfasser des Merkblatts SIA 2024 sehen sich trotz Nachforschungen ausser Stande die Quelle für die verwendete Formel anzugeben. Nur auf nachdrücklichen Einspruch der Sachbearbeitung Revision SIA 382/1 wurde die Formel überhaupt auf einen physikalisch nachvollziehbaren Stand gebracht. Die Feuchteproduktion von Personen wurde nun neu von 80 g/h auf 90 g/h erhöht. Diese Erhöhung wird durch die verwendete Formel explizit verursacht, da sie auf der neu festgelegten Personenfläche basiert (siehe nachfolgende Berechnungen). Bereits die 80 g/h stehen im **Widerspruch zur massgebenden Norm SIA 180:2014, Ziffer 3.5.3.3, Tabelle 4. Vorgegeben sind 70 g/h pro Person bei sitzender Tätigkeit** (Büro, Schule, Labor). Bei ruhig sitzender Tätigkeit sind es 60 g/h pro Person.

	$t_{a,i}$ [°C]	M [-]	A_p [m ²]	Φ_{p0} [W]
bisher	24	1.2	1.8	68
neu	24	1.2	1.9	70

SIA 2024

1.3.2.12 Wärmeabgabeleistung Person bisher

$$\Phi_{p0} = (0.865 - (0.025 \cdot \text{theta}_{a,i})) \cdot (M \cdot 58 \cdot A_p) + 35$$

Φ_{p0}	68
-------------	----

1.3.2.12 Wärmeabgabeleistung Person neu

$$\Phi_{p0} = (0.865 - (0.025 \cdot \text{theta}_{a,i})) \cdot (M \cdot 58 \cdot A_p) + 35$$

Φ_{p0}	70
-------------	----

1.3.2.14 Feuchteproduktion Personen bisher

$$GP = 10/7 \text{ g}/(\text{h W}) \cdot [(M \cdot 58 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot A_p) - \Phi_{p0}]$$

g_p	82
-------	----

1.3.2.14 Feuchteproduktion Personen neu

$$GP = 3600/2500 \text{ g}/(\text{h W}) \cdot [(M \cdot 58 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot A_p) - \Phi_{p0}]$$

g_p	90
-------	----

Vorgeschlagen wird, dass die Formel für die Feuchteproduktion auf der Formel aus VDI 2078:2015 basieren soll.

Wasserdampfabgabe

$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}}$ in g/(h·Person)

Aktivitätsgrad I:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -86 + 5,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (16)$$

Aktivitätsgrad II:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -58 + 5,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (17)$$

Aktivitätsgrad III:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -18 + 5,8 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (18)$$

Aktivitätsgrad IV:

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = -75 + 9,4 \cdot \vartheta_{P,D} \quad (19)$$

Wenn $\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} < 35$ dann gilt

If $\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} < 35$, then

$$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}} = 35 \quad (20)$$

Water vapour emission

$\dot{m}_{\text{Pers,Wasserdampf}}$ in g/(h·person)

activity level I:

activity level II:

activity level III:

activity level IV:

Quelle: VDI 2078:2015, Ziffer 6.2.1

Damit ergeben sich in Abhängigkeit der Raumlufthtemperatur und der Aktivität folgende Werte für die Feuchteproduktion pro Person:

Aktivität nach SN EN 16798-1	Aktivitäts-grad	Raumlufthtemperatur in °C								
		16	17	18	19	20	21	22	23	24
Entspannt sitzend	I	35	35	35	35	35	35	35	38	44
Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule)	II	35	35	39	45	50	55	61	66	72
Stehend, leichte Tätigkeit (Einkaufen, Leichtindustrie)	III	75	81	86	92	98	104	110	115	121
Stehend, mittelschwere Tätigkeit (Verkäufer, Arbeit an Maschinen)	IV	75	85	94	104	113	122	132	141	151

Bei der Revision des Merkblatts wurde die Feuchteproduktion erhöht und die erforderlichen Aussenluftvolumenströme gleichzeitig reduziert. Betreffend Erfüllung der minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz konnten die Komplikationen im vorliegenden Bericht exemplarisch aufgezeigt werden. Die Reduktion der hygienisch erforderlichen Aussenluftvolumenströme durch unterstützende Fensterlüftung verstärken den Einfluss des Nutzerverhaltens. Die Feuchteproduktion aus anderen Quellen von 0.5 g/h m² ist schwer nachrechenbar. Es ist nach heutigem Kenntnisstand nicht überprüfbar, wie dieser Wert entsteht. Die Begrifflichkeit «andere Quellen» impliziert, dass damit alle anderen Feuchtequellen wie Pflanzen, Küche (Koch- und Spülvorgänge), Bad (Körperreinigung), (freies) Wäschetrocknen abgedeckt sind. Nach heutigem Wissenstand ist diese Angabe eindeutig zu wenig differenziert und muss angezweifelt werden.

Für die Revision des Merkblatts SIA 2024 wird folgendes vorgeschlagen:

- die Angabe zur **Feuchteproduktion von Menschen** soll auf der **VDI 2078:2015 basieren**
- die Angabe zur **Feuchteproduktion von anderen Quellen** soll **revidiert werden**
- die **Angabe zur Feuchteproduktion von Menschen und anderen Quellen** soll in einem **informativen Anhang** nachvollziehbar erläutert werden

8.4. SIA 382/1:2014 Lüftungs- und Klimaanlage-Allg. Grundlagen und Anforderungen

Die sich in Revision befindende Norm SIA 382/1 [19] behandelt Lüftungs- und Klimaanlage in Nicht-Wohngebäuden. Die SIA 382/1 basiert grundlegend auf der Norm SIA 180. Daher hat die SIA 382/1 eine eingeschränkte Eigenständigkeit. Trotz angezeigtem Revisionsbedarf von normativen Grundlagen wie der SIA 180 oder der SIA 2024 verbietet das schweizerische SIA-Normensystem ein Übersteuern.

Aufgrund der mit diesem Bericht dokumentierten Erkenntnisse besteht der Handlungsbedarf ausdrücklich bei der Norm SIA 180 und beim Merkblatt SIA 2024.

Zum Zeitpunkt der Berichterstattung können noch keine Empfehlungen abgegeben werden. Ausführungen zur Feuchteproduktion von Menschen und anderen Quellen könnten in einem informativen Anhang erfolgen, würden aber rasch zu Einsprüchen der betroffenen Kommissionen NK 180 und NK 2024 führen.

Es muss eine Grundsatzdiskussion angeregt werden, wo der Feuchteschutz durch Lüftungstechnische Massnahmen inskünftig normativ geregelt werden soll.

8.5. prSIA 382/5:2020 Mechanische Lüftung in Wohngebäuden

Die vor der Publikation stehende prSIA 382/5:2020 [20] bezieht sich ausdrücklich auf die mechanische Lüftung in Wohngebäuden. Sie ist aus dem Merkblatt SIA 2023 Lüftung in Wohnbauten hervorgegangen. Die Anwendung erfolgt zusammen mit der SIA 180 und der SIA 382/1. Beim Feuchteschutz wird in Ziffer 2.1.4 auf die Anforderungen in SIA 180:2014, Kapitel 6 und SIA 382/1:2014, Ziffer 2.1.4 verwiesen.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkenntnisse gilt im Anwendungsbereich dieser Norm die Aufmerksamkeit den zentralen Abluftanlagen mit kontrollierter Nachströmung. Häufig werden diese Anlagen mit reduzierten Abluftvolumenströmen betrieben, da bei der kontrollierten Nachströmung über Aussenbauteil-Luftdurchlässe Zugluftbeschwerden im Aufenthaltsbereich beanstandet wurden. **Das Unterschreiten der erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz kann bei einer Reduktion aus Komfortgründen die Folge sein. Betroffene Nutzer reagieren beim Auftreten von Zugluft darauf, indem sie die Aussenluftdurchlässe abkleben. Dadurch erfolgt die Nachströmung anderswo und andersartig. – nämlich unkontrolliert über Leckagen.** Die (unerwünschte) Infiltration spielt beim Betrieb solcher Anlagen eine nicht unwesentliche Rolle. Dabei kann lokal Oberflächenkondensat entstehen.

8.6. Projektvorschlag SIA 382/X Natürliche und Hybride Lüftung in Wohngebäuden

Die kommende Norm SIA 382/5:2020 beschränkt sich auf mechanische Lüftungsanlagen. Bis auf weiteres wird es in der Schweiz keine SIA-Norm oder ein SIA-Merkblatt zur natürlichen und hybriden Lüftung in Wohngebäuden geben. Mit ein Grund ist die fehlende Finanzierung einer solchen SIA-Publikation infolge Kürzung der verfügbaren Gelder des Bundesamtes für Energie (BFE). Auf europäischer CEN-Normen Ebene sind einige Initiativen im Gang, die es gut zu beobachten gilt. Einzelne Vertreter der SIA-Begleitkommission CEN TC 156 sind in den Arbeitsgruppen involviert.

Betreffend Feuchteschutz ist die natürliche und hybride Lüftung herausfordernder als die mechanische Lüftung. Es wird vorgeschlagen, dass sich eine **Spurgruppe** mit der DIN 1946- 6:2019 und der prDIN SPEC 4108-8:2020 auseinandersetzt und evaluiert, was für die natürliche und hybride Lüftung von Wohngebäuden in der Schweiz umsetzbar ist. Die Spurgruppe muss gleichzeitig eruieren, was für eine spätere Revision der SIA 382/5:2020 normativ oder in einem informativen Anhang zu regeln ist. Die Revision der zur Publikation freigegebenen SIA 382/5:2020 ist bereits absehbar, da die laufende Revision ihrer Mutternorm SIA 382/1 Anpassungen erfordern wird.

8.7. prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der Norm SIA 180:2014

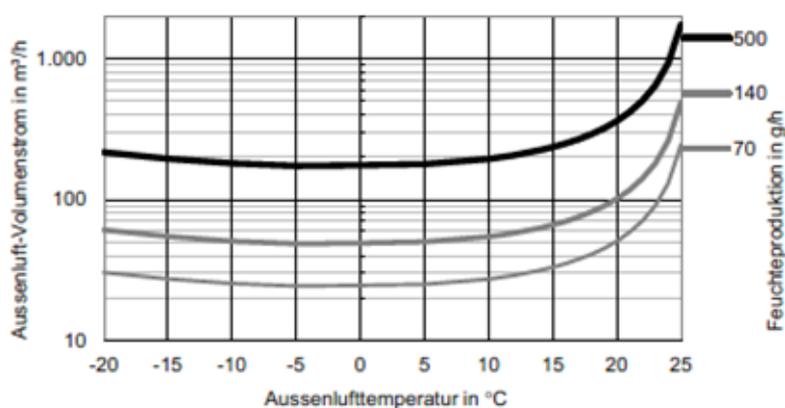
In der kurz vor der Publikation stehenden Wegleitung prSIA 4001:2020 zur Anwendung der Norm SIA 180:2014 wird eine interessante Alternative bei der Bestimmung des minimal erforderlichen Aussenluftvolumenstroms für den Feuchteschutz aufgezeigt.

Grundsätzlich können die minimal erforderlichen Aussenluftvolumenströme für den Feuchteschutz entweder mit den Monatsmittelwerten der SIA 2028:2010 für die Aussentemperatur und den Aussenluftfeuchtegehalt oder in Abhängigkeit von der Aussenlufttemperatur berechnet werden. Im zweiten Fall wird der Aussenluftfeuchtegehalt mit einer Approximationsformel gemäss SIA 180:2014 berechnet. Dies macht die Berechnungsmethode unabhängig von den Stationsdaten der SIA 2028:2010.

Leider sind 2014 bei der Revision der Norm SIA 180 die Berechnungsbeispiele aus der Ausgabe 1999 entfallen. Durch das späte Erscheinen der Wegleitung SIA 4001 kommen diese Berechnungsbeispiele nun endlich wieder zur Geltung. Bei der Überprüfung der Berechnungsverfahren für eigene Untersuchungen im vorliegenden Bericht wurde folgendes festgestellt:

Durch die Erweiterung des ursprünglichen Aussenlufttemperaturbereichs (-20 °C bis 20 °C) bis 25 °C und der gleichzeitigen Fixierung der Innenlufttemperatur auf 20 °C wird der erforderliche Aussenluftvolumenstrom zwischen 20 °C und 25 °C unverhältnismässig hoch.

Figur 6.27 Minimaler Aussenluft-Volumenstrom in einem Raum mit 20 °C Innenlufttemperatur und Wärmebrücken mit $f_{Rw} = 0,5$ und verschiedenen Feuchteproduktionen



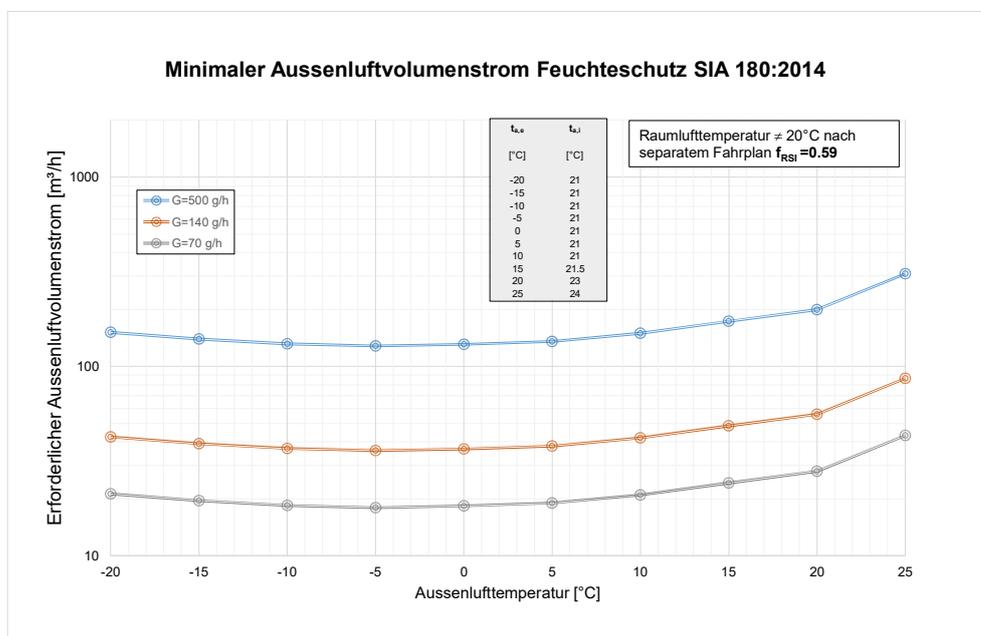
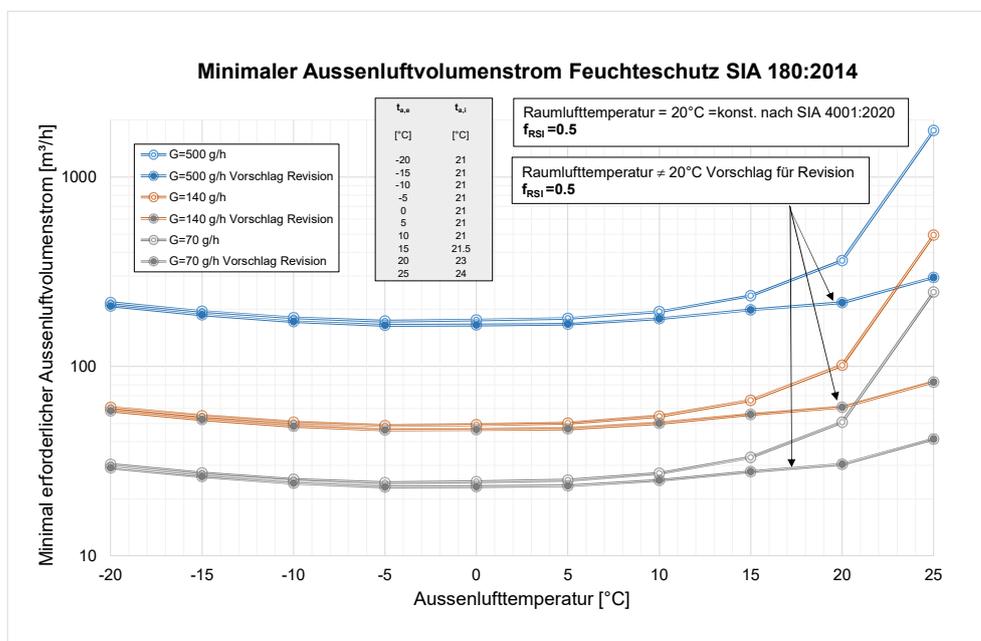
Quelle: prSIA 4001:2020 Wegleitung zur Anwendung der SIA 180:2014

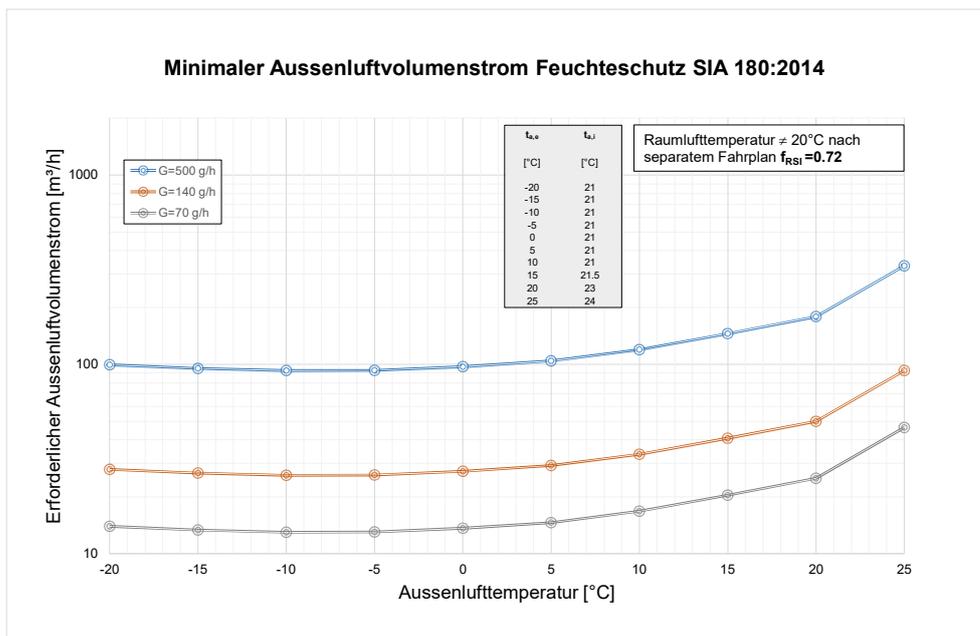
Die Feuchteproduktion entspricht einer Person ($G=70$ g/h), zwei Personen ($G=140$ g/h) und einem 4-Personenhaushalt mit hoher Feuchtebelastung ($G=500$ g/h).

Für die weiteren Untersuchungen in vorliegenden Bericht wurde die Raumlufttemperatur nicht mehr fixiert, sondern abhängig von der Aussenlufttemperatur gemacht. Anzumerken ist, dass der in Figur 6.27 gewählte Oberflächentemperaturfaktor f_{RSI} von 0.5 am unteren Ende der

üblichen Werte für Wärmebrückenfaktoren im Gebäudebestand ($f_{RSI}=0.42$ bis 0.95) liegt. Die DIN 1946-6:2019 legt für den Bestand $f_{RSI}=0.59$ und den Neubau $f_{RSI}=0.72$ fest.

Somit ergeben sich für die vorgeschlagenen Änderungen in der Wegleitung prSIA 4001:2020 nachfolgende Darstellungen:





9. Schlussbemerkungen

Der Feuchteintrag durch Personen und andere Quellen wird heutzutage im Allgemeinen unterschätzt. Die Angaben für die Feuchteproduktion variieren im internationalen Vergleich stark. Es fehlt an einer aktuellen Datenbasis über tatsächliche Feuchteinträge in Schweizer Wohngebäuden. Hierzu ist eine Messkampagne analog zum Projekt Raumlufffeuchte in Wohnneubauten (2007) erforderlich. Zu untersuchen sind Wohngebäude im Neubau und im Bestand. Dynamische Vorgänge bei der Feuchteproduktion und bei der Feuchtespeicherung können heutzutage mit hygro-thermischer Gebäudesimulation gut abgebildet werden. Dies konnte aber bereits BFE-Projekt Feuchte in Niedrigenergiebauten (2006) gezeigt werden. Die Übereinstimmung mit aus Messdaten gewonnenen Summenhäufigkeiten der relativen Feuchte war damals bereits gut. Die Möglichkeit zur Prognose der Feuchteproduktion in Wohngebäuden wurde 2017 in einer explorativen Masterarbeit an der Technischen Universität aufgezeigt und ist technisch umsetzbar.

Angezeigt ist eine grundlegende unabhängige Diskussion über minimal erforderliche und maximal zulässige Aussenluftvolumenströme. Die Aspekte der Hygiene (u.a. auch eine Virenlast), des Geruchsempfindens, des thermischen Komfort und der Energie müssen miteinander verglichen werden. Auch wenn die Verunreinigungsquelle CO₂ dank verlässlicher Sensorik heute als massgebender Indikator für Innenraumlufthygiene betrachtet wird, müssen andere Verunreinigungsquellen (wie Feinstaub, Viren, Gerüche, VOC u.a.) wieder gesamt-heitlich bilanziert werden.

*Die elektronisch erfassten Daten werden während 3 Jahren gespeichert. Der Bericht und die zugehörigen Dokumente werden bei FREI WÜEST **EXPERT** während 10 Jahren archiviert.*

Der Auftraggeber kann während dieser Zeit die Dokumente einsehen. Der Aufwand beim Erstellen von Kopien wird dem Kunden verrechnet.

Willisau, 9. Dezember 2020



Beat Frei

Dipl. HLK Ing. HTL / ASHRAE VDI ISIAQ
Geschäftsinhaber

FREI WÜEST **EXPERT**
INGENIEURBÜRO

Geissburghalde 11
CH-6130 Willisau
Tel. +41 41 971 03 21
info@frei.expert

10. Anhang Literaturverzeichnis

- [1] Norm SIA 180, *Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 1999.
- [2] Norm SIA 180, *Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2014.
- [3] Merkblatt SIA 2024, *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2015.
- [4] Merkblatt prSIA 2024, *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, (in Vernehmlassung), 2020.
- [5] Norm SN EN 16798-1, *Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik*, Europäischen Komitees für Normung (CEN), Brüssel, 2019.
- [6] Wegleitung SIA 4001, *Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden – Wegleitung zur Anwendung der Norm SIA 180:2014*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2020.
- [7] Dokumentation D 0166, *Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau, Leitfaden zur Anwendung der Norm SIA 180 Ausgabe 1999*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2001.
- [8] Merkblatt SIA 2028, *Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2010.
- [9] Norm DIN 1946-6, *Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung*, Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin, 2019.
- [10] Fachbericht DIN/TR 4108-8, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden*, Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin, 2019.
- [11] Norm prDIN SPEC 4108-8, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden*, Deutsches Institut für Normung (DIN), (Entwurf), Berlin, 2020.

- [12] Richtlinie VDI 2078, *Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)*, Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Düsseldorf, 2015.
- [13] Zürcher Chr., Frank, Th, Manz H., *Bauphysik – Bau & Energie, Addendum zur 4. Auflage*, vdf Hochschulverlag, Zürich, 2016
- [14] Huber H., *Komfortlüftung – Projektierung von einfachen Lüftungsanlagen in Wohnbauten*, Faktor Verlag, Zürich, 2010.
- [15] Künzel H. (Hrsg), *Wohnungslüftung und Raumklima: Grundlagen, Ausführungshinweise, Rechtsfragen*, 2. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [16] Turan H., *Analyse zu einer einfachen Möglichkeit der Prognose von Feuchteproduktion im Wohnraum auf Basis von Messdaten*, Masterthesis, Technische Universität, München, 2017.
- [17] Tschui A., Emmenegger Th., *Raumluftfeuchte in Wohnungen*, Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Architektur Luzern, Horw, 2004.
- [18] Nazaroff W.W., Weschler J.Ch., *Indoor acids and bases*, Indoor Air Journal 30:559-644, John Wiley & Sons, Frederiksberg, Denmark, 2020.
- [19] Norm SIA 382/1, *Lüftungs- und Klimaanagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, (in Revision), 2014.
- [20] Norm prSIA 382/5, *Mechanische Lüftung in Wohngebäuden*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, (in Drucklegung), 2020.