

Bericht

Horw, 15. August 2022

Energie und Denkmalschutz

Untersuchungen an einem sanft renovierten Gebäude



Impressum

Auftraggeber	EM Häuser AG Daniel Frédéric Minder Zweierstrasse 35 CH-8004 Zürich	
Auftragnehmer	Hochschule Luzern – Technik & Architektur Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE Technikumstrasse 21 CH-6048 Horw	
Verfasser	Ernst Sandmeier Gianrico Settembrini Alina Kretschmer Stefan Mennel	HSLU HSLU HSLU HSLU
Verteiler	Daniel Frédéric Minder	EM Häuser AG
SAP-Nr.	1122361 / 1122327	
Dateiname	220815_Felsenrain_Definitiv.docx	

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Status	Änderungen und Bemerkungen	Bearbeitet von
0.8	14.2.22		Erster Entwurf	Sae
0.9	18.3.22		Erste Rückmeldungen DFM, Mes, Sei, KrA	Sae
1.0	15.8.22	Definitiv		Sae

Unterstützt durch:

Senn Resources AG, St. Gallen
Bernische Denkmalpflege-Stiftung
Kantonale Denkmalpflege Zürich
Amt für Städtebau, Archäologie und Denkmalpflege der Stadt Zürich
Amt für Städtebau, Denkmalpflege der Stadt Winterthur
Pensimo Management AG
Atelier M Architekten GmbH
EM Häuser AG



Zusammenfassung

Beim Umbau eines Stadthauses aus der Gründerzeit, das Teil einer Blockrandbebauung ist, wurde darauf geachtet, möglichst viel der historischen Substanz zu erhalten und trotzdem einen möglichst angenehmen Komfort für eine Wohnnutzung zu schaffen.

Eine Auswertung der Komfortwerte über ein Jahr zeigte, dass die geforderten Werte im genutzten Zustand mit wenigen Ausnahmen eingehalten werden konnten (siehe Kapitel 4.1, Seite 6). Da als Energieträger nach dem Umbau nur Biomasse und Elektrizität zur Verfügung standen, erreicht der CO₂-Ausstoss im Betrieb die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft.

Die Anforderungen an die Betriebsenergie konnten gemäss Minergie(-P) und SNBS erfüllt werden, ebenso wurden die Richtwerte Wohnen für den Effizienzpfad Energie des SIA erreicht (siehe Kapitel 4.3, Seite 11).

Die durch die «sanfte» Sanierung beanspruchte graue Energie sowie der induzierte Treibhausgasausstoss betrug rund einen Drittel derjenigen Belastung, die bei der fast gleichzeitigen Sanierung des angebauten Nachbargebäudes anfiel (siehe Tabelle 7, Seite 13 sowie Abbildung 4 und Abbildung 5, Seite 14). Dabei wurden nur Arbeiten verglichen, die an beiden Häusern ausgeführt wurden: Beim Nachbargebäude wurde so der Ersatz der Dachhaut (Unterdach, Lattungen und Deckung) sowie der Ausbau des Dachgeschosses nicht berücksichtigt.

Es wird dringend empfohlen, auf geeigneter politischer und fachlicher Ebene anerkannte Richtlinien zur «energetischen Abschreibung» der Werte für Graue Energie von Abbrüchen und Demontagen zu erarbeiten und breit zu vernehlmassen, damit eine ähnliche Untersuchung auf weitere «historische» Gebäude ausgeweitet werden kann.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage.....	5
2. Aufgabe und Ziel	5
3. Vorgehen.....	6
3.1. Ermittlung der Komfortwerte	6
3.2. Ermittlung des Betriebsenergiebedarfs.....	6
3.3. Ermittlung des Einsatzes an Grauer Energie beim Umbau.....	6
4. Resultate / Analysen	6
4.1. Komfort	6
4.2. Betriebsenergiebedarf.....	7
4.3. Bewertung des Betriebsenergiebedarfs / Vergleich mit Labeln.....	11
4.4. Einsatz Grauer Energie beim Umbau	13
5. Fazit	15
5.1. Facts für Bauherrschaften.....	15
6. Literaturverzeichnis	15
7. Anhänge.....	18
7.1. Sanierungskonzept / Umbaumaassnahmen	18
7.2. Grundrisse.....	19
7.3. Auszug GEAK-Plus Bericht vom 23.3.2017	20
7.4. Ausgefüllter PreCheck SNBS.....	21
7.5. Ausgefülltes Formular Holzverbrauch (Beispiel).....	22
7.6. Bildlicher Vergleich Umbauvarianten.....	23
7.7. Mengengerüst zur Ermittlung Grauer Energie.....	30
7.8. Berechnung der grauen Energie pro Position	34
7.9. Beispiel Auswertung Rohwerte	37
7.10. Vergleichsdaten aus Elektromessungen an anderen Wohnungen.....	38
7.11. Monatliche Auswertungen aller Räume (alle Werte Stundenmittel).....	40

1. Ausgangslage

Beim Umbau des Stadthauses «Felsenrain» an der Schaffhauserstrasse 435 (s435) in Zürich wurde der Ansatz gewählt,

- möglichst viele architektonische Bauteile zu erhalten und
- bei möglichst geringer Eingriffstiefe einen angemessenen Raumkomfort zu schaffen.

Die gewählte Umbauvariante ist im Anhang näher beschrieben (Kapitel 7.1).

Mit der gewählten Sanierungsvariante wurde die GEAK-Klasse C angestrebt (Auszug aus dem GEAK-Plus Bericht vom 23. März 2017 im Anhang, Kapitel 7.3).

Es wurde bewusst darauf verzichtet, eine zentrale Versorgung mit Raumwärme einzuführen: Die nötige Raumwärme wird mit kleinen Stückholz-Öfen («Kanonenöfen») oder (automatisierten) Pelletöfen sichergestellt. Ebenso wurde nur das Warmwasser im Badezimmer an eine zentrale Versorgung (Wärmepumpenboiler) angeschlossen. Der Warmwasserbedarf in den Küchen wird mit «Quooker»¹ (Mikroboilern) sichergestellt.

Es stellten sich die Fragen, ob

- der (Wohn-)Komfort eingehalten werden kann,
- dadurch der Betriebsenergiebedarf höher liegt als bei einer konventionellen Erneuerung,
- der eingesparte Einsatz Grauer Energie den allenfalls gestiegenen Betriebsenergiebedarf kompensiert.

2. Aufgabe und Ziel

Das Ziel der Untersuchung war eine Ermittlung des Betriebsenergiebedarfs des Gebäudes (gemäss den geltenden Normen [1], [2], [3], [4], [5], [13]) für Raumwärme, Warmwasser und allgemeine Beleuchtung. Ebenso sollte überprüft werden, ob der allgemein übliche (Wohn-)Komfort eingehalten werden konnte. Ein weiteres Ziel lag darin, die beim Umbau getätigten Arbeiten gemäss anerkannten Grundsätzen ([6], [7], [8]) bezüglich ihres Gehalts an Grauer Energie zu bilanzieren und mit dem «konventionellen» Umbau des Nachbargebäudes zu vergleichen. Ferner galt es zu untersuchen, inwieweit gängige Label-Anforderungen (Minergie [9], SNBS [10], SIA Effizienzpfad Energie [11]) allenfalls erfüllt werden können.

¹ <https://www.quooker.ch/>

3. Vorgehen

3.1. Ermittlung der Komfortwerte

Die Daten zum Raumkomfort wurden über die eingebauten Sensoren für jeden Raum einzeln erhoben und monatlich (von Juli 2020 bis August 2021) digital übermittelt (5-min-Werte für Temperatur, relative Raumluftfeuchte und CO₂-Gehalt).

3.2. Ermittlung des Betriebsenergiebedarfs

Als Energieträger standen in der Betrachtungsperiode nur Biomasse (Stückholz, Pellets) sowie elektrische Energie zur Verfügung.

Der Betriebsenergiebedarf in dieser Periode wurde aus verschiedenen Quellen ermittelt:

- Monatliche (manuelle) Ablesung der Elektrozähler (sowohl Allgemiestrom als auch Mieterstrom)
- Digitale Übermittlung der Elektro-Zählerstände für ausgewählte Perioden (Werte alle 15 min, resp. 5 min)
- Befragung der Mietparteien zum täglichen Einsatz ihres Pellet-/Stückholzofens (Beispiel eines ausgefüllten Fragebogens siehe Anhang, Kapitel 7.4).
- Befragung der Mietparteien zu Veränderungen des Verhaltens während der durch die Pandemie bedingten Home-Office-Pflicht.

3.3. Ermittlung des Einsatzes an Grauer Energie beim Umbau

Der Einsatz an Grauer Energie wurde anhand eines vom Auftraggeber nach BKP-Nummern gegliederten Verzeichnisses ermittelt. Dieses Verzeichnis umfasste bei jedem Gewerk die Ausmasse der entsprechenden Arbeiten für das untersuchte Gebäude sowie eine Abschätzung der erfolgten Eingriffe und Arbeiten im Nachbargebäude (detaillierte Angaben im Anhang, Kapitel 7.6, 7.7 und 7.8)

Dieses Mengengerüst wurde in erster Linie mit der von der KBOB veröffentlichten Liste «Ökobilanzdaten im Baubereich» [7] abgeglichen. Als weitere Quellen für den Gehalt Grauer Energie diente die Studie SYGREN [8]. Waren die Kennwerte in diesen Quellen nicht vorhanden, wurden die Komponentenhersteller befragt oder die Kennwerte auf Grund der Materialzusammensetzung der eingesetzten Komponenten selbst hergeleitet.

4. Resultate / Analysen

4.1. Komfort

Die gemäss SIA 180 [1] zu erreichenden Werte (Raumlufttemperatur zwischen 20 und 26 °C, relative Raumluftfeuchtigkeit zwischen 30 und 65 %) konnten im Gebäude s435 während der meisten Zeit eingehalten werden; nur in nicht benutzten Zeiträumen in den Wintermonaten lag die Raumlufttemperatur unter 20 °C (vgl. Tabelle 1 und Anhang, Kapitel 7.11). Insbesondere während Perioden längerer Abwesenheiten (Ferienperioden) wurden die Temperatur-Werte unterschritten, da die Raumheizung in den meisten Fällen einen manuellen Eingriff erfordert (entweder Anfeuern des Stückholzofens oder Nachfüllen von Pellets bei den automatischen Pelletheizungen).

Tabelle 1: Temperatur-Unterschreitungen Winter (Monatsstunden, bei denen die gemittelte Raumtemperatur unter 20 °C lag)

Raum	Monat	Std/Monat
Wohnzimmer 4. OG	Dez 2020	99
Wohnzimmer 4. OG	Jan 2021	100
Wohnzimmer 4. OG	Feb 2021	34
Wohnzimmer 3. OG	April 2021	51
Wohnzimmer 2. OG	Dez 2020	2
Wohnzimmer 1. OG	Nov 2020	20
Wohnzimmer 1. OG	Dez 2020	297

Nach Aussagen der Mieterschaft waren diese kurzzeitigen Unterschreitungen unproblematisch, da sie jederzeit durch Nachfeuern hätten vermieden werden können.

Die geforderten Raumfeuchten wurden, bis auf einige Stunden im Winter (siehe detaillierte Auswertungen im Anhang, Kapitel 7.11), immer eingehalten.

Die Raumluftqualität – gemessen am CO₂-Gehalt – wurde immer eingehalten.

4.2. Betriebsenergiebedarf

4.2.1. Thermische Energie

4.2.1.1. Raumwärme

Als primäre Wärmequelle für die Raumheizung dienen die Stückholz- oder Pelletöfen in den Haupträumen. Der Brennstoffbedarf wurde bei der Mieterschaft über ein Formular abgefragt: Das Beispiel eines ausgefüllten Formulars findet sich im Anhang, Kapitel 7.3).

Insgesamt wurden in der Beobachtungsperiode im EG und im 4. OG (automatische Pelletofen) 4'360 kg Holzpellets, im 1. und 2. Obergeschoss rund 5'180 Scheite (jedes rund 0.45 kg nach eigenen Wägungen) und im 3. Obergeschoss 1.5 Ster Stückholz verbrannt.

Tabelle 2: Brennstoff-Einsatz in den Öfen

Brennstoff	Menge	Einheit	Heizwert [12]		Total kWh/a
Pellets EG	2'635	kg	5	kWh/kg	13'175
Stückholz 1.OG	2'958	Stück	1.89	kWh/Stck	5'591
Stückholz 2.OG	2'226	Stück	1.89	kWh/Stck	4'207
Stückholz 3.OG	1.5	Ster	1'800	kWh/Ster	2'700
Pellets 4.OG	1'725	kg	5	kWh/kg	8'625
Total					34'298

Um obige Werte zu plausibilisieren, wurde der wöchentliche Brennstoffverbrauch (ohne 3. OG²) mit der mittleren Aussentemperatur korreliert (vgl. Abbildung 1).

² Hier lagen keine Erhebungen je Woche vor.

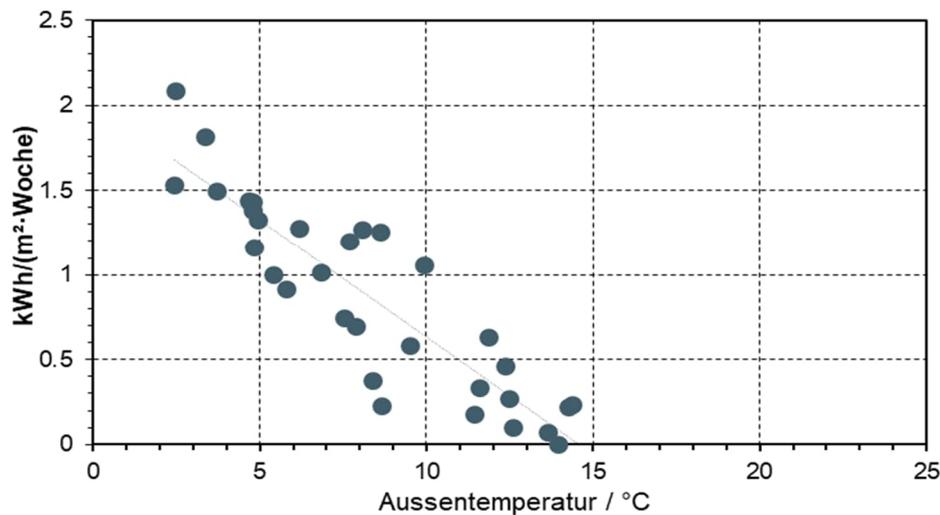


Abbildung 1: Korrelation des flächenbezogenen wöchentlichen Brennstoffverbrauchs mit der Aussentemperatur

In allen Badezimmern stand zusätzlich ein Infrarotpanel (IR-Panel) mit einer elektrischen Leistung von 600 W zur Verfügung, welches entweder automatisch (bei einer Raumtemperatur unter 5°C) oder manuell bei Bedarf eingeschaltet werden konnte und dessen Status (ein/aus) mit dem Monitoring-System erfasst wurde (vgl. Beispiel im Anhang Kapitel 7.9).

Damit konnte die Dauer, während welcher das IR-Panel eingeschaltet war, ermittelt werden (siehe Tabelle 3). Als zusätzliche Kontrolle diente die Messung des Bezugs von elektrischer Energie. Dieser Wert muss bei eingeschalteter Badheizung über 600 W liegen. In der Auswertung fiel auf, dass im Ladenlokal im EG die Badheizung sehr lange eingeschaltet war. Dies lässt sich auf ein geöffnetes Fenster im Bad in den Wintermonaten (Dez/Jan/Feb) zurückführen, bei welchem die automatische Schliessung nicht funktionierte. Dieser Fehler wurde mittlerweile behoben.

Tabelle 3: Einsatzzeit und Strombezug IR-Panel im Badezimmer

Stockwerk	Std	Total kWh/a
1. OG	190	114
2. OG	170	102
3. OG	40	24
4. OG	24	14
EG	702	421
Total		675

Auf den Bezugsdaten elektrischer Energie basierend wurde auch der mögliche Betrieb einer zusätzlichen elektrischen Heizung im Gebäude überprüft. Das genaue Vorgehen zur Ermittlung deren Einsatzes und Nutzungsdauer ist im Kapitel 4.2.2 erläutert und führt zu einer zusätzlichen elektrischen Heizung nur im 1. OG.

Tabelle 4: Zusammenfassung Raumwärmebedarf

	Total kWh/a
Biomasse	34'298
IR Panel	675
Elektr. Heizung 1. OG	180
Total	35'153

Somit beträgt der Raumwärmebedarf für das ganze Gebäude rund 35.2 MWh/a oder rund 68 kWh/m²a. Vergleicht man diesen Wert mit dem SIA Merkblatt 2024 [13], so liegt er im Bereich des Wertes für **Bestand** (73.4 kWh/m²a), aber deutlich **über dem Zielwert**³ für Gesamtanierungen (10 kWh/m²a).

4.2.1.2. Warmwasser

Das Warmwasser für die Anwendung im Bad (Dusche und Wachtisch) wird zentral mittels eines Wärmepumpenboilers (WP-Boiler) im Estrich zubereitet, dasjenige für die Küche mittels individuellen Mikroboilern (Quooker). Da weder der WP-Boiler noch die individuellen Quooker eigene elektrische Messeinrichtungen besitzen muss der jeweilige Energiebezug geschätzt werden.

Zur Ermittlung des Strombezugs des WP-Boilers wird vom Allgemiestrom abgezogen (siehe auch Tabelle 5):

- der Bezug der Allgemeinbeleuchtung (14 Leuchten à 40 W während vom Auftraggeber geschätzten 300 h/a).
- der minimale Dauerverbrauch (Server der Datenerfassung, 25 W während 8'760 h).

Dies ergibt für den WP-Boiler einen Strombezug von rund 5.5 MWh/a.

Laut Hersteller des Quooker benötigt dieser nur 10 Watt, um das Wasser im Reservoir auf einer Temperatur zu halten, die etwas unter dem Siedepunkt liegt, die Aufheizzyklen mit je 2.2kW Leistung waren jedoch zu kurz, um aus den gesamten Strombezug der Quooker aus den Strombezugsdaten der Miet-Einheiten zu ermitteln.

Tabelle 5: Abschätzung Strombedarf für Warmwasserbereitung

	kWh/a
Allgemiestrom total	5'928
./. Allgemeinbeleuchtung	-168
./. Standby-Leistung Server	-219
WP-Strom	5'541
+ Standby-Leistung Quooker	438
Total Strombedarf für WW-Bereitung	5'979

Für die Warmwasserbereitung wurden demnach rund 6.0 MWh/a oder - auf die Energiebezugsfläche bezogen - 11.5 kWh/m²a benötigt. Dieser Wert liegt im Bereich des **Zielwertes** im SIA-Merkblatt 2024 [13], welcher für Wohnnutzung in Mehrfamilienhäusern 16.9 kWh/m²a und für Lebensmittelverkauf (EG) 2.7 kWh/ m²a beträgt. Über die entsprechen Flächen gemittelt ergibt sich als Zielwert 14.1 kWh/m²a.

4.2.2. Elektrische Energie

Werden die Bezüge an elektrischer Energie ausgewertet, muss der Haushaltstrom *nicht berücksichtigt* werden, solange dieser *nur für Haushaltszwecke* und nicht zur *Beheizung* und oder der *Warmwasserbereitung* verwendet wird. Um den Aufwand an elektrischer Energie zur Beheizung abzuschätzen, muss also die Temperaturabhängigkeit des Bezugs untersucht und mit Referenzmessungen verglichen werden. In den folgenden Abbildungen 2 bis 4 sind diese Auswertungen grafisch dargestellt. Der Allgemiestrom erfasst den Wärmepumpen-Boiler, die Treppenhausbeleuchtung und die Datenerfassung.

³ Die «Zielwerte» enthalten Parameter, welche optimale Planungswerte für Neubauten und Gesamtanierungen darstellen. Diese sollten in der Planung im Rahmen der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten angestrebt werden.

4.2.2.1. Allgemeinzähler

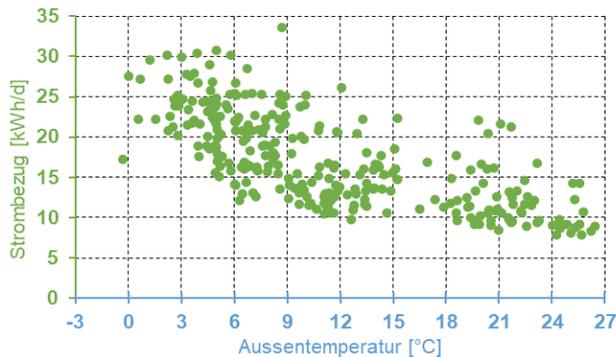


Abbildung 2: Temperaturabhängigkeit des Bezugs elektrischer Energie am Allgemeinzähler

Es fällt auf, dass bei kalten Temperaturen mehr «allgemeine» Elektrizität benötigt wird. Dies lässt sich auf verlängerten Betriebsdauer der allgemeinen Beleuchtung sowie den erhöhten Warmwasserverbrauch zurückführen.

4.2.2.2. Erdgeschoss (Ladenlokal)

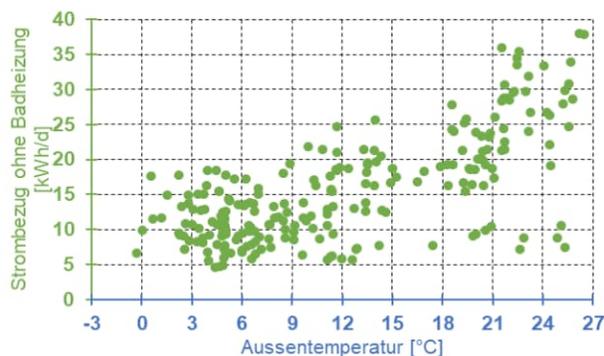


Abbildung 3: Temperaturabhängigkeit des Bezugs elektrischer Energie im Ladenlokal

Die starke Auswirkung der Aussentemperatur auf den Bedarf elektrischer Energie im (Torten-)Verkaufsgeschäft weist deutlich auf die erhöhten Kühlbedarf bei warmen Aussentemperaturen hin. Dies stellt einen Betriebs-Energiebedarf dar und fließt somit nicht in die Berechnung des Gebäude-Energie-Bedarfs ein.

4.2.2.3. Obergeschoss (Wohnnutzung)

In den Abbildungen der Wohneinheiten wurde der Bezug für die Badheizungen (siehe oben Kap. 4.2.1.1) abgezogen, um eine *zusätzliche* Wärmeproduktionen abzuschätzen.

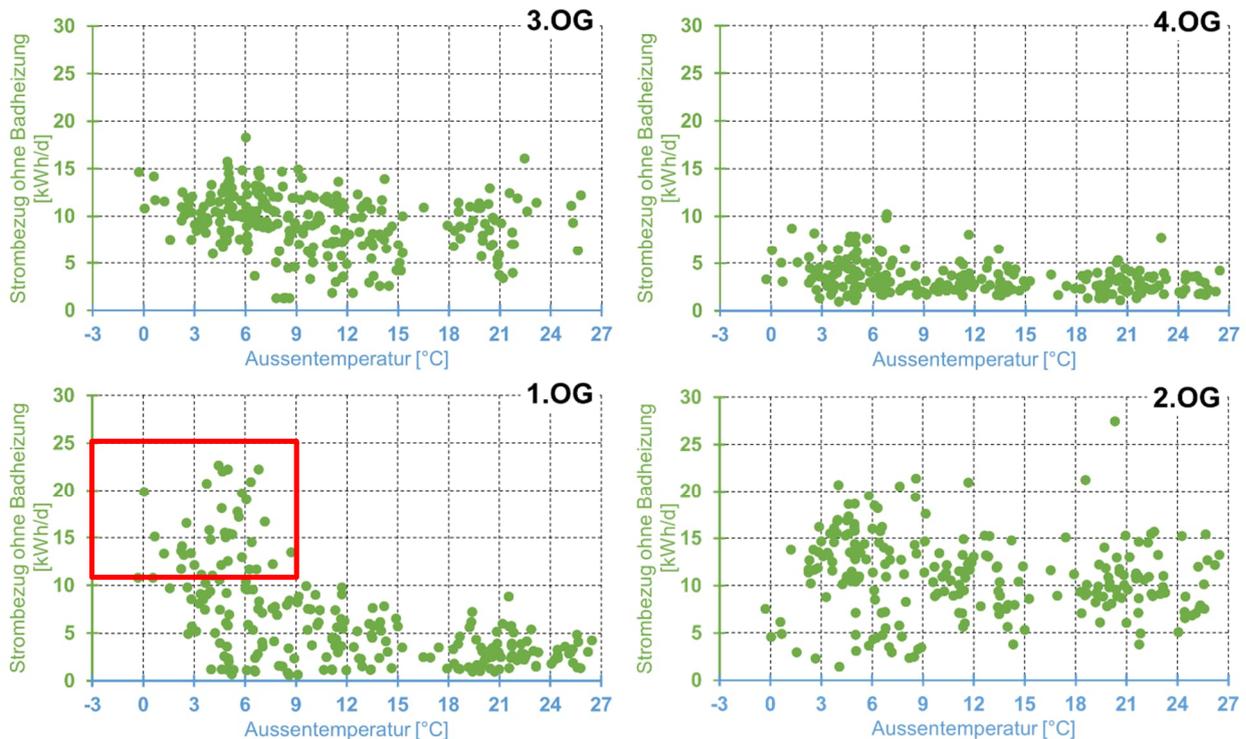


Abbildung 4: Temperaturabhängigkeit des Bezugs elektrischer Energie in den Wohnungen

Der Bezug elektrischer Energie zeigt einzig bei der Wohnung im 1.OG eine starke Abhängigkeit von der Aussentemperatur [siehe roter Rahmen in Abbildung 4 unten links]. Dies legt in dieser Wohnung den Einsatz einer elektrische Zusatzheizung nahe, die rund 180 kWh/Jahr benötigte.

4.3. Bewertung des Betriebsenergiebedarfs / Vergleich mit Labeln

4.3.1. SIA Effizienzpfad Energie (SIA-Merkblatt 2040)

Da die gesamte Wärme und der gesamte elektrische Strom⁴ mittels erneuerbarer Energieträger (Stückholz, Pellets, Wasser- und Windkraft) bereitgestellt wird, beträgt der Einsatz an Primärenergie für den Betrieb 5.2 MWh/a (vgl. Tabelle 6) oder **10 kWh/m²a**. Damit können die Zielwerte (orientierender Richtwert Betrieb für Umbau) des SIA-Merkblattes 2040 [11] (70 kWh/m²a) deutlich eingehalten werden. Dasselbe kann von den Treibhausgas-Emissionen gesagt werden. Hier verursacht das untersuchte Gebäude im Betrieb 1'036 kgCO_{2eq}/a (vgl. Tabelle 6) oder **2 kgCO_{2eq}/m²a**. Hier beträgt der entsprechende Wert im Merkblatt 5.0 kgCO_{2eq}/m²a.

Tabelle 6: Berechnung Primärenergie und Treibhausgasemissionen für Betriebsenergie

Energieträger/Endenergie	Menge MWh/a	Primärenergie-	PE total MWh/a	THG-faktor	THG total kgCO _{2eq} /a
		faktor n.e. [7] MWh/MWh		[7] kgCO _{2eq} /MWh	
Pellets	21.8	0.16	3.49	27	589
Stückholz	12.5	0.116	1.45	27	338
Elektrizität für Raumwärme	0.9	0.036	0.03	15	14
Elektrizität für Warmwasser	6.0	0.036	0.22	15	90
Elektrizität für Allgemeines	0.4	0.036	0.01	15	6
Total	41.6		5.20		1'036

⁴ Elektrizität aus erneuerbaren Quellen: Stromprodukt «ewz.natur»

4.3.2. Minergie (-P)

Die Anforderungen von Minergie bezüglich Energie richten sich nach dem gewichteten Endenergiebedarf und werden in den Vorgaben [9] nach Nutzungsart unterschieden. Die Gewichtungsfaktoren betragen 2 für Elektrizität sowie 0.5 für Biomasse. Für die Nutzungen im untersuchten Gebäude ergeben sich die Anforderungen sowie die Berechnungen in nachfolgender Tabelle:

Tabelle 7: Anforderungen Betriebsenergie nach Minergie(-P) und Berechnung gewichteter Energiebedarf

Nutzungskategorie	Anforderung Erneuerung (gew. Endenergie in kWh/m ² a)		Energieträger		Faktor	gew. Endenergie MWh/a
	Minergie	Minergie-P	MWh/a			
I - Wohnen MFH	90	80	Biomasse	34.3	0.5	17.15
V - Lebensmittel-Verkauf	110	100	Elektrizität	7.3	2	14.60
			Total			31.75
Total Gebäude (über die Fläche gemittelt)	94	84	pro EBF	kWh/m ² a		61.32

Das untersuchte Gebäude benötigt an gewichteter Endenergie insgesamt rund 62 kWh/m²a und erfüllt demnach sogar die Anforderung für die Endenergie nach Minergie-P. Allerdings schreibt Minergie-P zusätzlich vor, dass ein Teil der benötigten Endenergie in Haus selbst (z.B. durch Photovoltaik-Anlagen) bereitgestellt wird.

4.3.3. SNBS

Das Label SNBS beurteilt deutlich mehr Aspekte als die Nutzung der Energie im Gebäude und die Inanspruchnahme Grauer Energie. Eine einfache Abschätzung mit dem Hilfsmittel "SNBS Precheck" [14] ergibt, dass das hier untersuchte Gebäude die Indikatoren zu "Primärenergie Betrieb", wie auch diejenigen zu "Primärenergie Erstellung" erfüllen kann (siehe ausgefüllter Precheck im Anhang, Kapitel 7.4).

4.3.4. GEAK

Im Vorfeld der Sanierung wurde ein GEAKplus erstellt, welcher die durchgeführten Sanierungsschritte modellierte. Nach einem Jahr Betriebserfahrung zeigt es sich, dass mit den benötigten rund 80 kWh/m²a Endenergie die vorausberechnete Energieklasse C (117 kWh/m²a) erreicht werden konnte.

4.4. Einsatz Grauer Energie beim Umbau

Die Bilanzierung der beiden Umbauvarianten (siehe im Anhang: bildlicher Vergleich Kapitel 7.6, Mengengerüst Kapitel 7.7) liefert nach den Berechnungsgrundsätzen des SIA-Merkblattes 2032 "Graue Energie" [6] und nach BKP-Kategorien zusammengefasst folgende Werte (Tabelle 7):

Tabelle 7: Einsatz Grauer Energie / Treibhausgase beim Umbau

BKP	Alle Werte pro Jahr	S435		Nachbar	
		PE n.e.	THG	PE n.e.	THG
		kWh _{Oil-eq}	kgCO ₂ eq	kWh _{Oil-eq}	kgCO ₂ eq
101	Bestandesaufnahmen				
112	Abbrüche	54.5	9.8	2'168.9	485.3
113	Demontagen			459.1	659.2
152	Kanalisationsleitungen				
211	Baumeisterarbeiten	2.9	1.5	67.8	24.2
214	Zimmermannskonstruktionen	43.5	9.9	498.5	74.6
216	Natur- und Kunststeinarbeiten			6.5	1.6
219	Altlastensanierung				
221	Fenster/Aussentüren/Tore	1'482.9	332.3	3'693.4	700.3
222	Spenglerarbeiten in Kupfer	18.7	4.4	312.6	73.8
224	Bedachungsarbeiten, Deckungen	26.2	6.4	150.3	38.2
226	Fassadenputze, kleinere Reparaturen	22.6	8.3	22.6	8.3
227.1	Aeusserer Malerarbeiten	63.7	19.1	63.7	19.1
228	Aeusserer Abschlüsse, Sonnenschutz	28.9	6.4	72.7	15.6
230	Elektroanlagen	57.4	13.6	72.4	17.2
237	Gebäudeautomation	14.6	3.5	17.9	4.3
242	Wärmeerzeugung	608.4	141.4	536.4	123.0
243	Wärmeverteilung			544.1	125.3
250	Sanitäranlagen	173.7	11.7	102.8	7.8
251	Allgemeine Sanitärapparate	304.4	50.5	824.6	91.6
258	Kücheneinrichtungen	222.9	49.0	649.3	146.2
271	Gipsarbeiten	133.3	30.0	832.6	185.6
272	Metallbauarbeiten	2.7	0.6	153.6	34.9
273	Schreinerarbeiten	0.5	0.1	610.5	138.9
275	Schliessanlagen	2.2	0.5	2.2	0.5
281	Bodenbeläge	192.6	42.2	588.0	112.1
282	Wandbeläge, Wandbekleidungen	102.9	21.0	285.8	58.3
284	Hafnerarbeiten	228.6	46.6		
285.1	Innere Malerarbeiten	409.0	129.0	520.8	128.0
286	Bauaustrocknung				
287	Baureinigung				
	Total	4'237	954	13'298	3'290
	pro m ² EBF (gerundet)	8.2	1.8	26	6.4

Eine detaillierte Aufstellung aller berücksichtigter Arbeiten/Komponenten befindet sich im Anhang (Kapitel 7.8).

In der untenstehenden Abbildung 5 werden die Werte bezüglich **Grauer Energie** anschaulich verglichen, wobei zur besseren Lesbarkeit in der Sammelrubrik "Übrige" diejenigen BKP-Kategorien zusammengefasst werden, die bei *keinem* der Gebäude einen Anteil von mehr als 2 % ausmachen. Es kann festgehalten werden, dass die Sanierung s435 rund 18 kWh/m²a Graue Energie weniger beanspruchte als die Sanierung des Nachbargebäudes (8.2 kWh/m²a gegenüber 26 kWh/m²a).

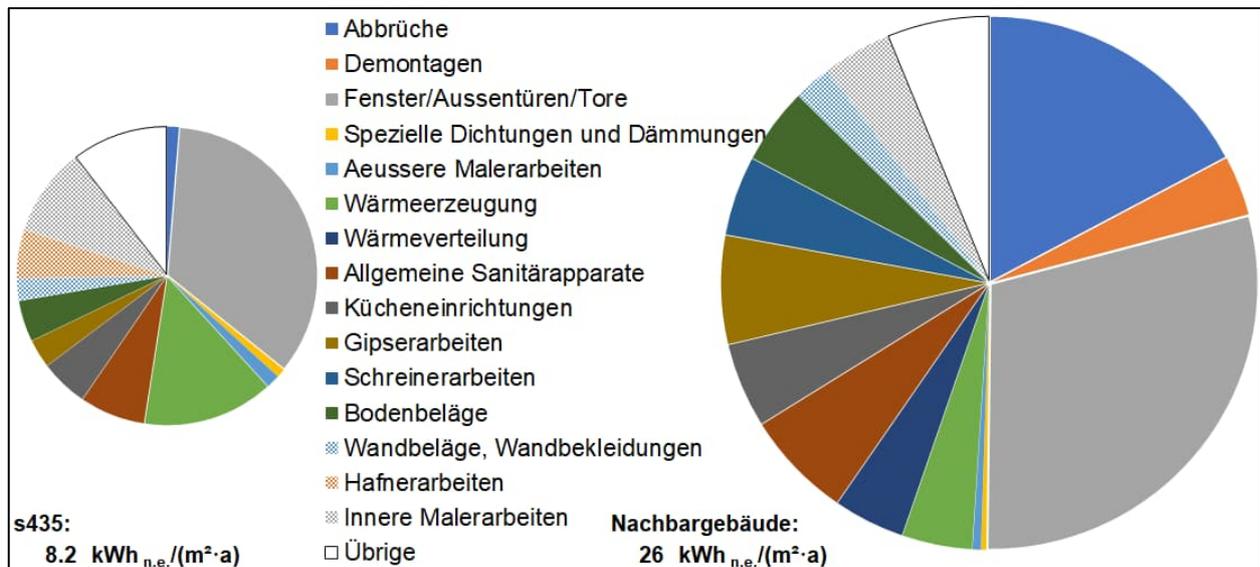


Abbildung 5: Vergleich primäre Energie nicht erneuerbar [kWh/m²a] nach BKP-Kategorien: links Umbau s435, rechts Umbau Nachbargebäude; Fläche proportional zum Absolutwert

In der folgenden Abbildung 6 werden die Werte bezüglich **grauen Treibhausgasemissionen** anschaulich verglichen, wobei wie oben zur besseren Lesbarkeit in der Sammelrubrik "Übrige" diejenigen BKP-Kategorien zusammengefasst werden, die bei *keinem* der Gebäude einen Anteil von mehr als 2 % ausmachen. Es kann festgehalten werden, dass die Sanierung s435 rund 4.6 kg_{CO₂eq}/m²a weniger Emissionen verursachte als die Sanierung des Nachbargebäudes (1.8 kg_{CO₂eq}/m²a gegenüber 6.4 kg_{CO₂eq}/m²a).

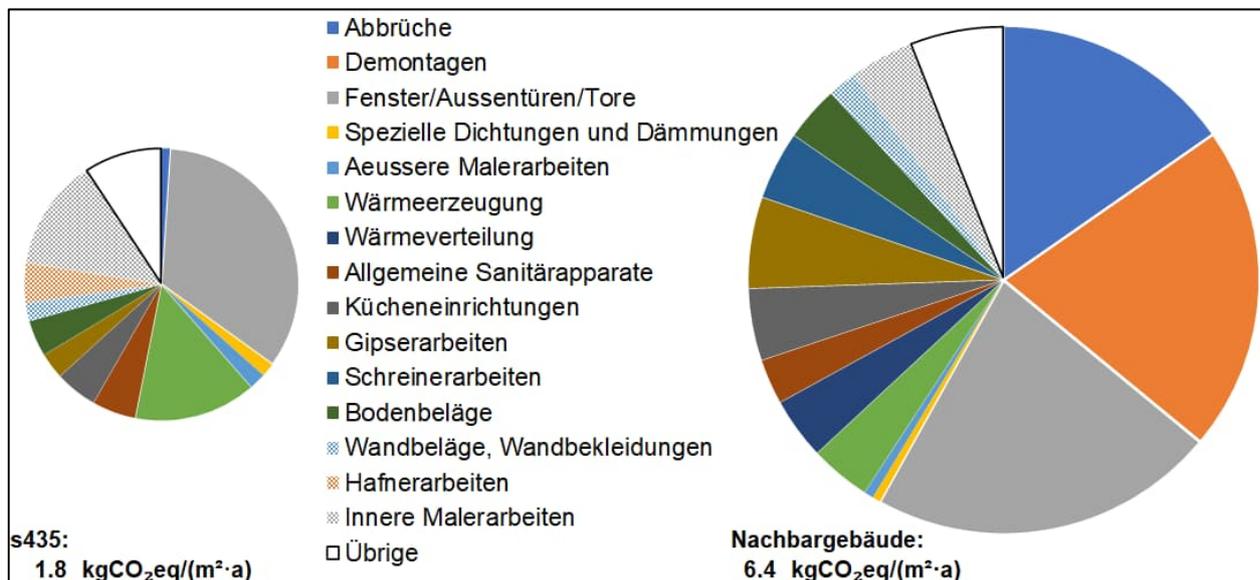


Abbildung 6: Vergleich THG-Emissionen [kg_{CO₂eq}/m²a] nach BKP-Kategorien: links Umbau s435, rechts Umbau Nachbargebäude; Fläche proportional zum Absolutwert

Es fällt auf, dass die Abbrüche und Demontagen beim Nachbargebäude etwa 20 % des Bedarfs an Grauer Energie und rund 35 % des Ausstosses an Grauen Treibhausgas ausmachen. Selbst wenn diese Kategorien ausser Acht gelassen würden (etwa, weil eine allgemein anerkannte «Abschreibungsdauer» eines Abbruchs, sowie allfällige Gutschriften für ein Recycling noch fehlen), würde die Sanierung s435 rund 13 kWh/m²a Graue Energie weniger benötigen (8.1 kWh/m²a gegenüber 21 kWh/m²a) und 2.3 kg_{CO₂eq}/m²a weniger Graue Treibhausgasemissionen (1.8 kg_{CO₂eq}/m²a gegenüber 4.1 kg_{CO₂eq}/m²a) verursachen.

5. Fazit

Es hat sich bei der Sanierung des Hauses «Felsenrain» auch aus energetischer Sicht gelohnt, gewisse Komfortansprüche (wie sie unter anderem in den gültigen Regeln der Baukunst gefordert werden) *nicht* zu erfüllen. Trotzdem – oder gerade deshalb? – konnten die Wohnungen zu marktgerechten Bedingungen vermietet werden.

Verzichtet wurde insbesondere auf den Einbau einer Zentralheizung und einer Lüftung – und damit auch auf viele hierfür erforderliche Wand- und Deckendurchbrüche. Durch den sorgsamsten Umgang mit der bestehenden Substanz konnten baukulturell wertvolle Bauteile und Details erhalten werden. Dazu gehören etwa: Türfronten mit Maserierungen und geätzten Gläsern, historische Stückholzöfen, Deckenmalereien, Wandvertäfelungen aus Holz und textile Wandverkleidungen, Fenster- und Türeinfassungen, Terrazzoböden und Parkette aus Massivholz.

Bezüglich der Betriebsenergie erfüllt das Gebäude nun sowohl die Anforderungen des SIA-Effizienzpfades Energie als auch die von Minergie – sogar in der Ausprägung Minergie-P. Hinsichtlich Treibhausgas-Emissionen im Betrieb erfüllt es die Anforderungen des SIA-Merkblattes 2040. Bei der grauen Energie und den «grauen Treibhausgas-Emissionen» erreicht es die «Zielwerte Wohnen» für Umbauten desselben Merkblattes deutlich.

Durch die «sanfte» Sanierung wurden auch Ressourcen geschont und graue Energie gespart. So darf beispielsweise davon ausgegangen werden, dass eingesparte graue Energie auf annualisierter Basis einen Teil des möglicherweise gegenüber einer «herkömmlichen» Sanierung erhöhten Betriebsenergiebedarfs wieder wettmacht. Genaue Zahlen können nicht angegeben werden, da Information zum Betriebsenergiebedarf des herkömmlich sanierten Nachbargebäudes fehlen. Zudem gibt es noch keine anerkannten Regeln für die «energetische Abschreibungsdauer» von Abbrüchen und Demontagen, sowie allfällige Gutschriften für das Recycling des entfernten Materials.

In Zeiten, in denen der Bestand möglichst rasch und nachhaltig erneuert werden müsste, wären solche Regeln aber dringend nötig. Deshalb wird empfohlen, sie auf geeigneter politischer und fachlicher Ebene zu erarbeiten und breit zu vernehmlassen. Um die Datenbasis zu minimalinvasiven Sanierungen von «historischen» Gebäuden zu verbreitern, empfiehlt es sich zudem, weitere Objekte einer ähnlichen Untersuchung zu unterziehen. Dies würde helfen, allgemein gültige Regeln im Umgang mit solchen Gebäuden herzuleiten.

5.1. Facts für Bauherrschaften

- Wie die «sanfte» Sanierung der Liegenschaft Felsenrain zeigt, gibt es genügend Menschen (interessanterweise vorwiegend jüngere), die eine Wohnungen mit historischem Flair der anonymen Austauschbarkeit weiss-grauer Neubauten und Sanierungen vorziehen. Sie machen gerne einige Abstriche bezüglich Ausstattung, wenn sie dafür Räume mit einem reichhaltigen Repertoire an traditionellen Materialien und Details sowie einem eigenen Charakter erhalten.
- Das untersuchte, «sanft» sanierte Gebäude kann mit den vorhandenen historischen Stückholzöfen komfortabel genutzt werden. Dies ist ein Resultat verschiedener Massnahmen, zu denen unter anderem die Abdichtung der Aussenhülle und der Ersatz der alten Fenster durch thermisch bessere gehört. Einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz leistet auch die neu installierte technische Lösung, die die Fensteröffnung überwacht und insbesondere die Schliessung im Winter intelligent steuert.
- Die Mieterinnen und Mieter sind mit dem Komfort sehr zufrieden und es ist zu erwarten, dass sie entsprechend lange bleiben werden. Geschätzt wird insbesondere, dass die Stückholzöfen eine angenehme Wärme abgeben, die sich durch Nachlegen eines (weiteren) Holzscheites einfach und individuell beeinflussen lässt.
- Der Raumwärmebedarf ist nach der «sanften» Sanierung nur unwesentlich höher als der eines «herkömmlich» sanierten Gebäudes. Da aber beinahe ausschliesslich mit Holz geheizt wird, kann die Wärmeerzeugung als CO₂-neutral betrachtet werden.

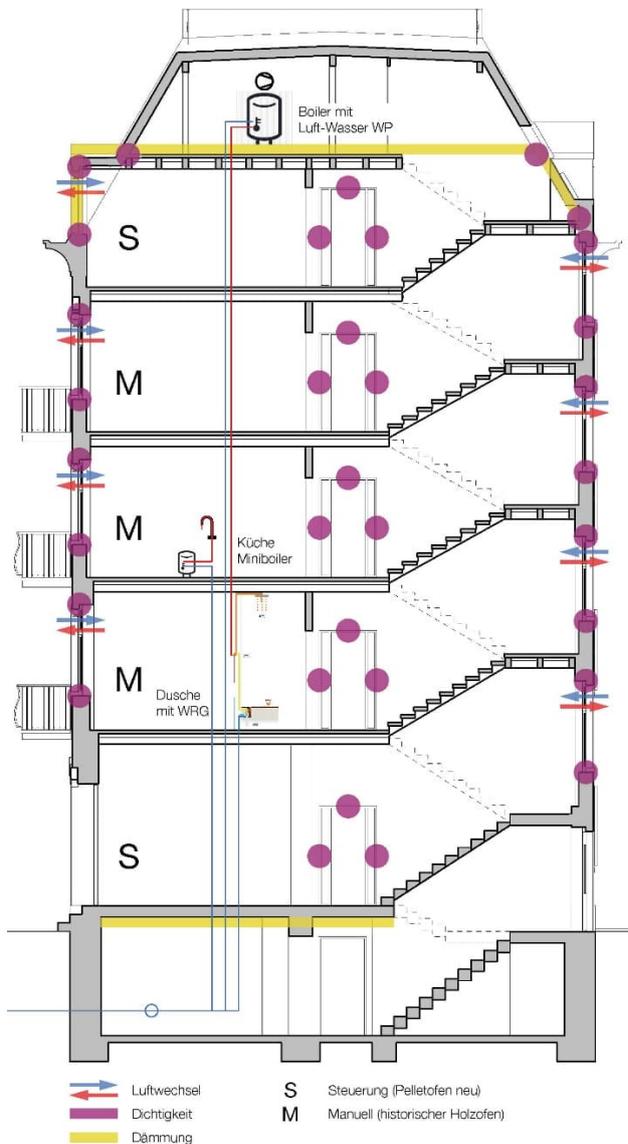
- Infolge der sehr zurückhaltenden Eingriffe bei der Sanierung konnten die beanspruchte graue Energie und der damit verbundene Treibhausgasausstoss niedrig gehalten werden. Beides erreicht nur rund einen Drittel dessen, was bei der fast gleichzeitigen «herkömmlichen» Sanierung des angebauten Nachbargebäudes anfiel.
- Subvention: Gibt es eine Subvention fürs «Nichtstun»? Ja und Nein. Vom kantonalen Energieförderprogramm gibt es keine Förderung. Es deckte zum Zeitpunkt der Sanierung nur Massnahmen wie das Dämmen von Dächern und Fassaden, das Umstellen von fossil betriebenen Wärmeerzeugern auf nachhaltigere Lösungen sowie die Erstellung von Photovoltaik-Anlagen ab. Für das Gebäude «Felsenrain» gab es keine Fördergelder, weil die Fassade aus denkmalpflegerischen Gründen nicht gedämmt werden darf, die bestehende Wärmeerzeugung nicht mit fossiler Energie, sondern mit Holz betrieben wurde. Eine PV-Anlage war von der Geometrie des Daches her (Beschattung und Flächen) nicht geeignet. Eine Möglichkeit an Förderung zu kommen, ist jedoch, das Haus auf denkmalpflegerische Schutzwürdigkeit prüfen zu lassen und gegebenenfalls unter Schutz zu stellen. Die Denkmalpflege fördert den Erhalt von schützenswerter Substanz (Pflege und Instandsetzung) und sogar den bauzeittypischen Ersatz (z. B. bei Fenstern). Die Fördergelder, die dabei ausgeschüttet werden, übersteigen oft den Betrag der energetischen Förderungen.
- Historische Gebäude sind oft wahre Schatzkammern an hochwertigen Materialien (z. B. Massivholz) und handwerklich hochstehenden Verarbeitungsmethoden. Wollte eine Bauherrschaft heute eine solche Ausführung neu bestellen, wäre es schwierig, Unternehmen mit dem erforderlichen Know-how zu finden. Zudem würden die hierfür veranschlagten Preise wohl viele abschrecken. Eine «herkömmliche» Sanierung zerstört aber diesen vorhandenen Reichtum. Es werden wertvolle Materialien und Details durch gängige, aber minderwertigere Materialien und standardisierte Ausführungen mit minimalem Detaillierungsgrad ersetzt. Häufige Beispiele hierfür sind: Alte Stuckdecken werden durch herabgehängte Gipskartondecken verdeckt, Massivholzparkette verschwinden unter Spannteppichen oder Laminat. Mit der Sanierung und Instandhaltung vorhandener Substanz hingegen werden vorhandene Handwerkskunst und hochwertige Materialien in einen neuen Lebenszyklus geführt. Nicht zuletzt werden dadurch auch unsere knapper werdenden Ressourcen geschont. Eine solche Baukultur zu etablieren ist gerade heute wichtig, weil unsere Gesellschaft wieder mit Materialknappheit umzugehen lernen muss. In Zukunft wird es wieder wichtiger sein, Material und aufwendige Gebäudetechnik durch Wissen zu ersetzen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Norm SIA 180, Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2014
- [2] Norm SIA 380, Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015
- [3] Norm SIA 384/3, Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2020
- [4] Norm SIA 385/2, Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015
- [5] Norm SIA 416, Flächen und Volumen von Gebäuden
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2003
- [6] SIA Merkblatt 2032, Graue Energie - Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2020
- [7] Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016, KBOB/ecobau/IBP, 2016, verfügbar unter:
https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (abgerufen am 14.4.2021)
- [8] SYGREN: Systemkennwerte Graue Energie Gebäudetechnik, BFE, 2018, verfügbar unter:
<https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=38539> (abgerufen am 6.10.2021)
- [9] Vorgaben Minergie, verfügbar unter: <https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie> abgerufen am 13.2.2022
- [10] Kriterienbeschrieb Hochbau, NNBS, 2021, verfügbar unter: <https://www.nnbs.ch/instrumente-und-hilfsmittel> (abgerufen am 31.10.2021)
- [11] SIA Merkblatt 2040, SIA-Effizienzpfad Energie
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2017
- [12] <https://energie.ch/heizwerte-von-holz/>, Umrechnung auf 25-cm-Scheiter (abgerufen am 11.2.2022)
- [13] SIA Merkblatt 2024, Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2021
- [14] SNBS Precheck 2.1, verfügbar unter <https://shop.nnbs.ch/produkt/hilfstools-zu-snbs-2-1-hochbau/> abgerufen am 1.3.2022

7. Anhänge

7.1. Sanierungskonzept / Umbaumaßnahmen



Grundriss: Der Rohbau wird unverändert beibehalten (siehe hinten, Abschnitt 7.2). Für die Nasszelle wird eine Lösung vorgeschlagen, die trotz den engen räumlichen Verhältnissen der bestehenden Toilette ein den heutigen Standards entsprechendes vollwertiges Bad mit Dusche, WC und Waschtisch vorsieht.

Dichtigkeit: Risse im Mauerwerk werden vermörtelt, Fensteranschlüsse mit dem Fensterersatz abgedichtet, an den bestehenden Wohnungstüren werden Dichtungen eingebaut, Kaminanschlüsse mit Doppelfutterrohren abgedichtet.

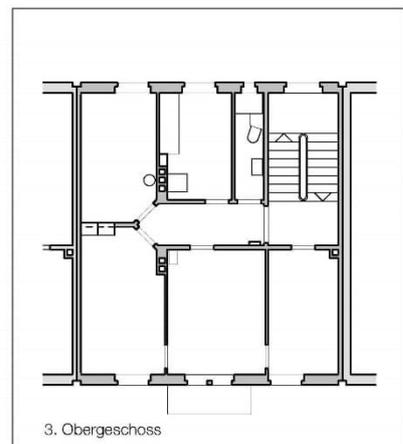
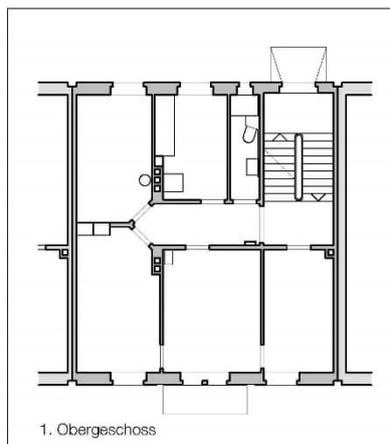
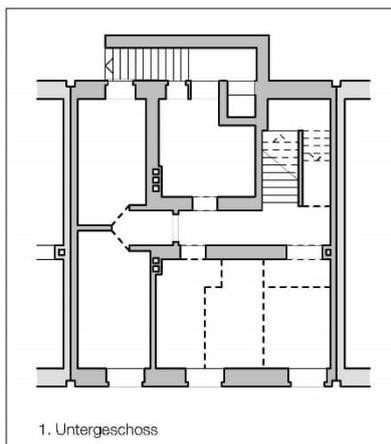
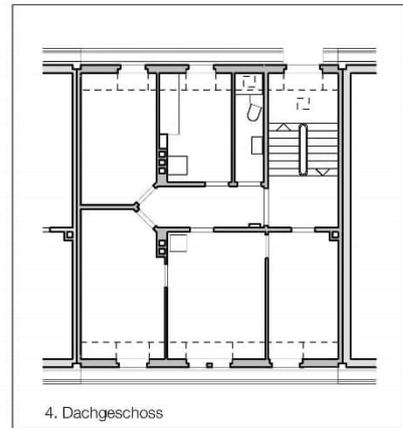
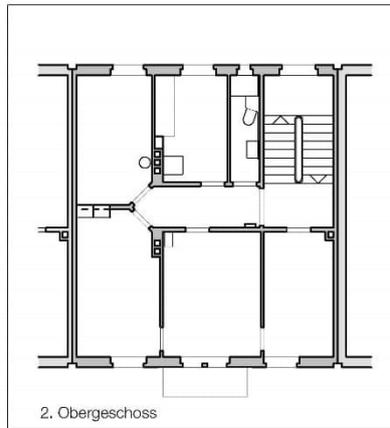
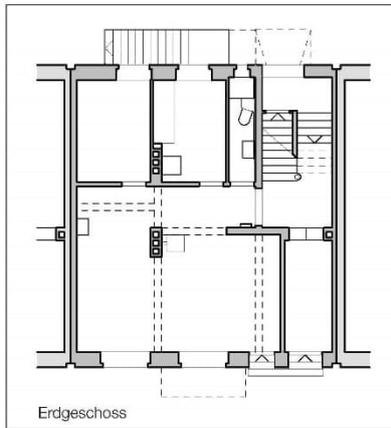
Dämmung: Die Kellerdecke wird mineralisch gedämmt und mechanisch befestigt. Der Estrichboden wird im Zwischenboden ausgeblasen und aufgedoppelt. Die Dachfläche wird im Sparrenzwischenraum im Bereich der Wohnung mit Zellulosefasern ausgeblasen. Die Lukarnenseiten werden gedämmt und neu verkleidet.

Heizung: Die Gebäuediagnose hat gezeigt, dass die maximale Wärmeleistung mit rund 2 kW pro Wohnung mit einem Kaminofen gut erbracht werden kann. Die Randeinheiten werden mit automatisch gesteuerten Pelletöfen, die zentralen Einheiten weiterhin mit historischen Stückholzöfen geheizt.

Küchen: Die Küchen werden in der bisherigen Art und Weise genutzt und dementsprechend saniert. Der Herd steht frei vor dem bestehenden Plattenschild als Spritzschutz. Auf den Umluftdampfabzug wird zu Gunsten einer automatischen Fensterlüftung verzichtet. Eine kurze Küchenzeile schafft Stauraum und integriert den Spülstein. Das Warmwasser wird lokal mit vakuumgedämmten Miniboilern erzeugt (spart Heizbänder und Warmwasserleitung).

Fenster: Der Fensterersatz löst verschiedene Schwachstellen auf einmal. Die Dichtigkeit der Gebäudehülle an den Rohbauanschlüssen wird verbessert, der Wärmeverlust an den Fensterflächen reduziert und mit schlanken Profilen der Glasanteil wesentlich erhöht. Der kontrollierte Luftwechsel wird manuell oder durch automatisierte Fensteröffnung umgesetzt.

7.2. Grundrisse



Gesamt-EBF 517.75 m²

7.3. Auszug GEAk-Plus Bericht vom 23.3.2017



7 Übersicht - Variante C

7.1 Allgemein

Sanierung der Gebäudehülle: Ersatz der Fenster, Dämmung von Steil- und Lukarnendach, Lukarnenwand und Kellerdecke.
Ersatz/Erneuerung des Heiz- und Warmwassersystems: Kaminöfen mit Stückholzheizung für die Raumwärme, WP-Boiler (Bad/WC) und Elektro-Wasssererwärmer (Küche) für das Warmwasser.

7.2 Gebäudehülle

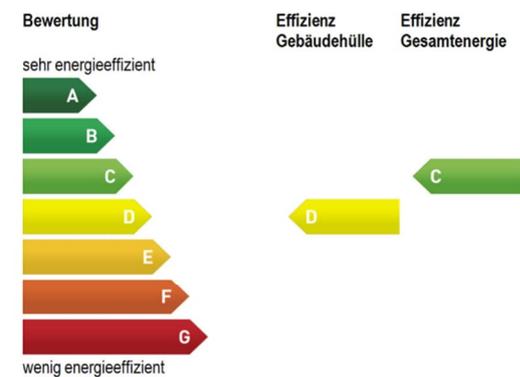
Dächer:	Dämmung des Steil- und des Lukarnendachs.
Wände:	Dämmung der Lukarnenwände.
Fenster & Türen:	Ersatz der Fenster.
Böden:	Dämmung der Kellerdecke.

7.3 Gebäudetechnik

Allgemein

Heizung:	Die Raumwärme wird zu 100% mit den Kaminöfen und dem Energieträger Stückholz erzeugt.
Warmwasser:	Das Warmwasser für Bad/WC wird mit einem Wärmepumpen-Boiler erzeugt, das Warmwasser in der Küche elektrisch via Quooker.

7.4 Energietechnische Beurteilung



	Standard	Aktuell	
Kenndaten (basierend auf effektivem Heizwärmebedarf $Q_{h,eff}$)			
Effizienz Gebäudehülle:	56	56	kWh/(m ² a)
Effizienz Gesamtenergie:	113	117	kWh/(m ² a)
Netto gelieferte Energie pro Jahr (basierend auf effektivem Heizwärmebedarf $Q_{h,eff}$)			
Elektrizität:	11'583	12'639	kWh/a
Heizung:	42'077	42'077	kWh/a
Warmwasser:	7'207	7'207	kWh/a
PV-Ertrag:	0	0	kWh/a
WKK-Ertrag:	0	0	kWh/a
CO2-Äquivalente	7	7	kg/(m² a)

Die Etikette basiert definitionsgemäss auf den Standardwerten.

7.4. Ausgefüllter Precheck SNBS

Pre-Check SNBS 2.1 Hochbau



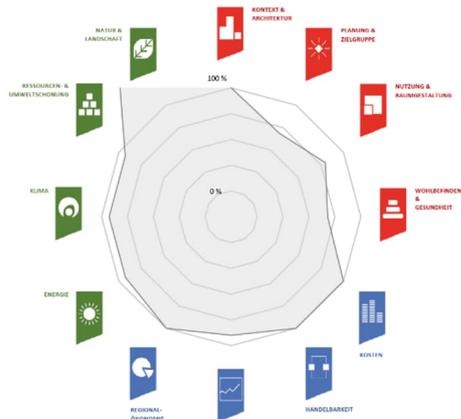
Datum: 14.07.2022
Name des Projekts: Felsenrain

Ergebnis
Version 20211112

Die Illustrationen im Ergebnisregister fassen die Projektbewertung zusammen und bestehen aus zwei Teilen:

Die erste Abbildung, untenstehend auf der linken Seite stellt die Bewertung der einzelnen Themen in Form von einem Spinnendiagramm dar. Dieses ermöglicht die rasche Identifizierung von Stärken und Schwächen innerhalb des Projekts, aber auch den visuellen Vergleich zwischen Projektvarianten oder unterschiedlichen Projekten. In der Abbildung auf der zweiten Seite wird in Form von horizontalen Balken gezeigt, wie gut ein Projekt die Anforderungen des SNBS in den jeweiligen Themen der Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt sowie in den Bereichen selbst erfüllt.

Dazu werden die einzelnen Indikatoren mit Farbcodes bewertet: Grüne Schrift und durchgestrichen bedeutet «gut», nur grüne Schrift steht für «genügend», rote Schrift steht für «ungenügend» und fette rote Schrift in rotem Rahmen kennzeichnet die «Stolpersteine».



Die ungenügenden Indikatoren sowie die "Stolpersteine" werden nachfolgend - auf die jeweiligen Bereiche aufgeteilt - noch spezifisch aufgeführt.

Die folgenden Indikatoren werden als "ungenügend" bewertet und erfordern Nachbesserungen, um den Nachhaltigkeitsansprüchen zu genügen:

Gesellschaft

Wirtschaft

Umwelt 305.1 Mobilitätskonzept;

Folgende Indikatoren werden als "Stolpersteine" im Hinblick auf die Realisierung eines gesamtheitlich nachhaltigen Projektes identifiziert:

Gesellschaft 103.3 Hindernisfreies Bauen; 104.2 Halböffentliche Aussenräume; 105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität; 106.1 Tageslicht; 106.2

Wirtschaft

Umwelt 306.1 Flora & Fauna;

0	50	65	85	100 %
Stolperstein				
Ungenügend				
Genügend				
Gut				

Bewertung der Indikatoren (%)	(%)
Gut	85 - 100
Genügend	65 - 85
Ungenügend	50 - 65
Stolperstein	0 - 50

Bei Erneuerungen dürfen im Rahmen einer SNBS-Zertifizierung folgende Indikatoren eine ungenügende Bewertung aufweisen, solange die Durchschnittsbewertung im übergeordneten Thema genügend bleibt:

101.1 Nutzungsdichte	105.2 Gebrauchsgüte privater Räume	108.1 Sommerlicher Wärmeschutz
103.3 Hindernisfreies Bauen	106.1 Tageslicht	108.2 Winterlicher Wärmeschutz
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität	106.2 Schallschutz	

Gesellschaft		Im Bereich "Gesellschaft" wird ein Erfüllungsgrad von 73% erzielt.	
Thema	Kriterium	Indikator	
Kontext & Architektur	101 Leitfragen	1 Ziele- & Pilotkultur	
	102 Planungsverfahren	1 Städtebau & Architektur	2 Partizipation
	103 Übersicht	1 Nutzungsfläche	2 Nutzungsangebot im Quartier
	104 Halböffentliche Räume	1 Halböffentliche Innenräume	2 Halböffentliche Aussenräume
	105 Private Räume	1 Nutzungsflexibilität & -variabilität	2 Gebrauchsgüte privater Räume
	106 Visueller & akustischer Komfort	1 Tageslicht	2 Schallschutz
	107 Gesundheit	1 Raumluftqualität	2 Strahlung
	108 Thermischer Komfort	1 Sommerlicher Wärmeschutz	2 Winterlicher Wärmeschutz
	103.3 Hindernisfreies Bauen		
	104.2 Halböffentliche Aussenräume		
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmeschutz			
108.2 Winterlicher Wärmeschutz			
103.3 Hindernisfreies Bauen			
104.2 Halböffentliche Aussenräume			
105.1 Nutzungsflexibilität & -variabilität			
106.1 Tageslicht			
106.2 Schallschutz			
108.1 Sommerlicher Wärmesch			

7.5. Ausgefülltes Formular Holzverbrauch (Beispiel)

EM EM Häuser AG, c/o Atelier M Architekten GmbH, Dipl. Architekten ETH SIA, Zentralstrasse 156, 8003 Zürich

ERHEBUNG HOLZVERBRAUCH

Studie HSLU Betriebsenergie, Schaffhauserstrasse 435, 8050 Zürich

Zürich, den 14. Juni 20/ dm

Allgemeine Angaben

Wohnung / Mieter / Ofen (Raum): 2. OG /

Belegung (Anzahl Personen): 2 Personen + 1 Hauskatze

Bitte tragen Sie nur den Holzverbrauch ein, den Sie zum Heizen benötigen.

Wenn Sie ein Feuer machen aus reiner Lust (Atmosphäre) bitte "0 St" oder "0 kg" eintragen.

Holzverbrauch pro Tag, Heizperiode 1. Juli 2020 bis 30. Juni 2021

Mt/ Tg	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.	7 St	9 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	3 St	0 St	10 St
2.	11 St	9 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	11 St
3.	7 St	9 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	10 St
4.	9 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	7 St
5.	9 St	10 St	16 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	11 St
6.	7 St	6 St	0 St	6 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	11 St
7.	16 St	13 St	3 St	4 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	3 St	7 St
8.	8 St	4 St	4 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	4 St	16 St
9.	6 St	0 St	11 St	8 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	8 St	12 St
10.	8 St	14 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	6 St	10 St
11.	11 St	15 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	5 St	7 St
12.	14 St	17 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	8 St	14 St
13.	13 St	15 St	10 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	4 St
14.	7 St	9 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	4 St	8 St	8 St
15.	11 St	10 St	10 St	6 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	4 St
16.	15 St	13 St	5 St	6 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	9 St	7 St	3 St
17.	0 St	8 St	6 St	11 St	0 St	5 St	7 St	10 St				
18.	10 St	0 St	0 St	13 St	0 St	6 St	0 St	0 St				
19.	10 St	5 St	0 St	3 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	7 St	5 St	11 St
20.	11 St	6 St	2 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	3 St	9 St
21.	11 St	0 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	8 St	13 St
22.	0 St	0 St	8 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	8 St	13 St	7 St
23.	6 St	5 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	12 St	4 St
24.	7 St	0 St	3 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	7 St	4 St	4 St
25.	14 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	6 St	11 St	5 St
26.	9 St	10 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	8 St	10 St
27.	15 St	0 St	6 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	9 St	5 St	14 St
28.	11 St	6 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	3 St	0 St	8 St	17 St
29.	3 St	-	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	6 St	8 St	14 St
30.	6 St	-	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	0 St	12 St	7 St
31.	7 St	-	0 St	-	0 St	Ende	0 St	0 St	-	7 St	-	15 St

7.6. Bildlicher Vergleich Umbauvarianten S 435



Bad: Wand bleibt



Bad: Wand wird versetzt



Steigzone Bad: kleiner Durchbruch



Grosser Durchbruch

Horw, 15. August 2022
Seite 24 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Erhalt Decke und Brusttäger



Erhalt Türfutter und Lambrien

Nachbargebäude



Abhangdecke, Abbruch Brusttäger



Abbruch Türfutter und Lambrien

Horw, 15. August 2022
Seite 25 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Erhalt aller Oberflächen

Nachbargebäude



Abbruch sämtlicher Oberflächen



Minimal invasiver Eingriff



Grosser Eingriff

Horw, 15. August 2022
Seite 26 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Vieles bleibt



Vieles bleibt

Nachbargebäude



Abbruch bis auf die Tragstruktur.



Grosse Änderungen

Horw, 15. August 2022
Seite 27 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Bad



Steigzone Küche: kleiner Durchbruch

Nachbargebäude



Bad



Steigzone Küche: grosser Durchbruch

Horw, 15. August 2022
Seite 28 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Küche mit neuen Steinzeug Fliesen

Nachbargebäude



Küche mit neuem Vinylboden



Bad mit bauzeitlichem Terrazzo



Bad Nachbar mit neuen Steinzeug Fliesen

Horw, 15. August 2022
Seite 29 / 67
Energie und Denkmalschutz

S 435



Salon mit bauzeitlichem Parkett

Nachbargebäude



Zimmer mit neuem Laminat

7.7. Mengengerüst zur Ermittlung Grauer Energie

BKP	Beschrieb	zusätzlich zu Differenz	± Δ Eh
Bem:	Nachbarhaus braucht mehr "+" oder weniger "-" oder unbekannt "?" oder gleich "=" Der Dachausbau des Nachbarhauses wurde nicht mitberücksichtigt.		
101	Bestandesaufnahmen		?
112	Abbrüche		
	Mauerwerk	0 m3	+ 13.0 m3
	Durchbrüche / Kernbohrungen	0.4 m3	+ 0.8 m3
	Dachdeckung Naturschiefer	0 m2	+ 80.0 m2
	Dachschalung Holz	0 m2	+ 80.0 m2
	Metalgeländer Dachterrasse	0 m	+ 20.0 m
113	Demontagen		
	Türfutter und Türen	0 St	+ 45.0 St
	Brusttäger Wand	0 m2	+ 62.0 m2
	Lambrien ca. 25cm hoch	0 m	+ 175.0 m
152	Kanalisationsleitungen	?	?
211	Baumeisterarbeiten		
211	Baustelleneinrichtung	1 Toilet	?
211.1	Gerüste	300 m2	=
211.3	Baumeisteraushub	?	?
211.4	Kanalisationen im Gebäude	?	?
211.5	Beton- und Stahlbetonarbeiten	?	?
211.6	Maurerarbeiten		
	Wandfelder ersetzen (Mauerwerk)	0 m3	+ 4.5 m3
	Neue Türstürze einsetzen 1.3m	0 St	+ 10.0 St
211.7	Schlitze und Durchbrüche schliessen	0.4 m3	+ 0.8 m3
214	Zimmermannskonstruktionen		
	Unterdach neu	0 m2	+ 150.0 m2
	Dach dämmen, Glaswolle	0 m3	+ 24.0 m3
	Estrichboden dämmen, Celulosefaser	0 m3	- 13.5 m3
	Lattenverschlag Estrichabteile neu	25 m2	=
	Lattenverschlag Kellerabteile neu	25 m2	=
	Dachterrasse Lärche 25 x 90 mm)	60 m2	=
216	Natur- und Kunststeinarbeiten		
	Gneis Mikrostrahlen	0 m2	- 30.0 m2
	Gneis hochdruckreinigen / streichen	0 m2	+ 30.0 m2

221.0	Fenster aus Holz	0 St	- 35.0 St
221.2	Fenster aus Kunststoff	0 St	+ 35.0 St
221.5	Aussentüren aus Holz (Haustüren)	0 St	- 1.0 St
221.6	Aussentüren aus Metall (Haustüren)	0 St	+ 2.0 St
221.7	Schaufensteranlagen neu verglast	2 St. à je 5 m ²	=
219	Altlastensanierung	?	?
222	Spenglerarbeiten in Kupfer		
	Zinnenfläche Doppelfalz	0 m ²	+ 75.0 m ²
	Ort- und Traufbleche	0 m ²	+ 8.0 m ²
	Dachgauben	0 m ²	+ 12.0 m ²
	Dachwasser, Falleitung in Kupfer	48 m, ø 100 mm	=
224	Dachdecker (Steildächer)		
	Fläche eindecken Eternitschiefer	5 m ²	+ 75.0 m ²
224.2	Glaseinbauten in Steildächern		
	Dachfenster, 0.8 x 1.2 m	2 St	+ 5.0 St
	Dachausstieg, 1.5 x 1.0 m	0 St	+ 1.0 St
225	Spezielle Dichtungen und Dämmungen	400 m Silikonfugen	=
226	Fassadenputze, kleinere Reparaturen	20 m ² , Stärke 20 mm	=
227.1	Aeusserer Malerarbeiten	210 m ² mineralisch 60 m ² Ölfarbe Holz	= =
228	Aeusserer Abschlüsse, Sonnenschutz		
	Jalousieläden in Holz	0 St	- 26.0 St
	Rollläden in Holz	0 St	- 18.0 St
	Rollläden in Aluminium	0 St	+ 26.0 St
	Markisen	2 St à 5 m ²	=
230	Elektroanlagen		
	Anzahl Steckdosen und Schalter	75 St.	+ 25.0 St
	Anzahl Deckendübel	50 St	=
237	Gebäudeautomation		
	Server / Modem für Steuerung	0 St	- 2.0 St
	Verkabelung Drähte (Kupfer?)	5'000 m	=
	Sensoren für CO ₂ , °C und Feuchtigkeit	0 St	- 13.0 St
	Kettenmotoren Fensterlüftung	0 St	- 15.0 St
242	Wärmeerzeugung		
	Ölheizung mit Brenner, Kessel, Tank	0 St	+ 1.0 St
	Etagen Pelletmodule	0 St	- 2.0 St
	Instandstellung Kaminöfen Stückholz	0 St (neu schamottieren)	- 9.0 St
	IR-Paneele 600W in Bädern	0 St (60 x 100 cm)	- 5.0 St
243	Wärmeverteilung		
	Leitungsnetz ab Heizungsraum	0 m	+ 110.0 m
	Leitungsnetz Dämmung (UG)	0 m	+ 20.0 m
	Anzahl Radiatoren	0 St	+ 30.0 St

250	Sanitäranlagen		
	Konventioneller Boiler 1000 lt	0 St	+ 1.0 St
	Boiler 500 lt mit WP-Modul	0 St	- 1.0 St
	Warmwasserzählung	5 St	=
	Steigleitung Warmwasser	15 m	+ 15.0 m
251	Allgemeine Sanitärapparate		
	Waschmaschine Tumbler	2 St	+ 8.0 St
	Anzahl Lavabo	5 St	=
	Anzahl WC	5 St	=
	Duschtassen	5 St	=
	WRG Module Joulia in Duschtassen	0 St	- 5.0 St
258	Kücheneinrichtungen		
	Anzahl Küchenelemente	22.5 St	+ 27.5 St
	Kühlschrank hoch	0 St	+ 5.0 St
	Kühlschrank Unterbau (1/2 hoch)	0 St	- 5.0 St
	Dampfabzug	0 St	+ 5.0 St
271	Gipserarbeiten		
	Deckputzarbeiten Innenwände, 5mm	1'000 m2	= m2
	Grundputzarbeiten Innen, 10mm	0 m2	+ 1'000.0 m2
	Gipskartonwände 15 cm	0 m2	+ 55.0 m2
	Gipskarton Vorsatzschalen 7.5 cm	0 m2	- 15.0 m2
	Gipskartondecken (abgehängt)	130 m2	+ 220.0 m2
272	Metallbauarbeiten		
	Vordach, Stahlblech, Konsolen, Farbe	Bestand, Farbe neu	=
	Balkongeländer	Bestand, Farbe neu	=
	Geländer Dachterrasse Staketen	0 m	+ 20.0 m
	Absturzsicherungen Fenster Stangen	0 m	+ 18.0 m
	Absturzsicherungen Treppenhaus	Bestand, Farbe neu	?
	Briefkastenanlage, neue Briefkästen	1 St	+ 4.0 St
273	Schreinerarbeiten		
	Wohnungstüren neu, Brandschutz	0 St	+ 5.0 St
	Innentüren neu, fertig gestrichen	0 St	+ 35.0 St
	Einbauschränke	?	? St
	Allgemeine Schreinerarbeiten	?	? St
275	Schliessenanlagen	20 Zylinder, 30 Schlüssel	=
281	Bodenbeläge		
281.2	Kunststoff (Vinyl oder Laminat)	0 m2	+ 350.0 m2
281.5	Kunststein: Schleifen, imprägn.	0 m2	- 28.0 m2
281.6	Plattenarbeiten Feinsteinzeug	25 m2	- 25.0 m2
281.7	Holz, Pflege: Schleifen, ölen	0 m2	- 300.0 m2
	Sockel, Holz ca. 10 x 50 mm	350 m	=
282	Wandbeläge, Wandbekleidungen		
282.4	Wandbeläge, Plattenarbeiten	45 m2	+ 80.0 m2

Horw, 15. August 2022
Seite 33 / 67
Energie und Denkmalschutz

284	Hafnerarbeiten		
	Stückholzöfen neu ausschamottieren	0 St	- 9.0 St
285.1	Innere Malerarbeiten		
	Mineralfarbe auf Putzflächen / Decken	0 m ²	- 1'750.0 m ²
	Dispersion auf Putzflächen / Decken	0 m ²	+ 1'600.0 m ²
	Best. Holztüren Kunstharz streichen	0 St	- 35.0 St
286	Bauaustrocknung	?	?
287	Baureinigung	?	?

7.8. Berechnung der grauen Energie pro Position

Aufstellung vom Auftraggeber				Berechnete Ökobilanzdaten											
				(Werte pro Jahr: s435)				(Werte pro Jahr: Nachbarhaus)				(Werte pro Jahr: Differenz)			
Bem:	Nachbarhaus braucht mehr "+", weniger "-", unbekannt "?" oder gleich "-". Der Dachausbau des Nachbarhauses wurde nicht mitberücksichtigt.			primärEnergie [kWh Oil-eq]		THG		primärEnergie [kWh Oil-eq]		THG		primärEnergie [kWh Oil-eq]		THG	
BKP	Beschrieb	± ΔEh	beide gleich	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq
101	Bestandesaufnahmen	?													
112	Abbrüche														
	Mauerwerk	13	m ³	0	0	0	0	905'580	1'836	1'773	317	905'580	1'836	1'773	317
	Durchbrüche / Kernbohrungen	0.8	0.4 m ³	27'864	56	55	10	83'592	169	164	29	55'728	113	109	20
	Dachdeckung Naturschiefer	80	m ²	0	0	0	0	92'880	188	182	33	92'880	188	182	33
	Dachschalung . Holz	80	m ²	0	0	0	0	76'512	52	51	107	76'512	52	51	107
	Metallgeländer Dachterrasse	20	m									0	0	0	0
113	Demontagen														
	Türfutter ...	45	St	0	0	0	0	1'215	2	2	0	1'215	2	2	0
	... und Türen	45	St	0	0	0	0	431'345	336	329	621	431'345	336	329	621
	Brusttäter Wand	62	m ²	0	0	0	0	71'145	92	90	27	71'145	92	90	27
	Lambrien ca. 25cm hoch	175	m	0	0	0	0	30'122	39	38	11	30'122	39	38	11
152	Kanalisationsleitungen	?													
211	Baumeisterarbeiten														
211	Baustelleneinrichtung	?	1 ToiToi												
211.1	Gerüste		300 m ²												
211.3	Baumeisteraushub	?													
211.4	Kanalisationen im Gebäude	?													
211.5	Beton- und Stahlbetonarbeiten	?													
211.6	Maurerarbeiten														
	Ausgebrochene Wandfelder ersetzen (Mauerwerk)	4.5	m ³	0	0	0	0	14'648	59	53	17	14'648	59	53	17
	Neue Türstürze einsetzen 1.3m	10	St	0	0	0	0	2'377	6	6	2	2'377	6	6	2
211.7	Instandsetzungsarbeiten, Schlitze und Durchbrüche schliessen	0.8	0.4 m ³	1'507	3	3	1	4'522	9	9	4	3'015	6	6	3
214	Zimmermannskonstruktionen														
	Unterdach neu	150	m ²	0	0	0	0	2'519	18	18	4	2'519	18	18	4
	Dach dämmen, Glaswolle	24	m ³	0	0	0	0	101'400	596	465	68	101'400	596	465	68
	Estrichboden dämmen, Celulosefaser	-13.5	m ³	11'286	35	28	7	0	0	0	0	-11'286	-35	-28	-7
	Lattenverschlag Estrichabteile neu		25 m ²	1'644	29	2	0	1'644	29	2	0	0	0	0	0
	Lattenverschlag Kellerabteile neu		25 m ²	1'644	29	2	0	1'644	29	2	0	0	0	0	0
	Dachterrasse (Lärche 25 x 90mm)		60 m ²	8'075	142	11	2	8'075	142	11	2	0	0	0	0
216	Natur- und Kunststeinarbeiten														
	Gneissockel Mikrostrahlen	-30	m ²									0	0	0	0
	Gneissockel hochdruckreinigen und streichen	30	m ²	0	0	0	0	1'960	7	7	2	1'960	7	7	2
219	Altlastensanierung	?													
221	Fenster/Aussentüren/Tore														
221.0	Fenster aus Holz	-35	St	501'198	2'956	1'323	296	0	0	0	0	-501'198	-2'956	-1'323	-296
221.2	Fenster aus Kunststoff	35	St	0	0	0	0	1'039'350	3'672	3'511	658	1'039'350	3'672	3'511	658
221.5	Aussentüren, Tore aus Holz (Haustüren)	-1	St	17'111	50	38	9	0	0	0	0	-17'111	-50	-38	-9
221.6	Aussentüren, Tore aus Metall (Haustüren)	2	St	0	0	0	0	31'042	94	62	15	31'042	94	62	15
221.7	Schaufensteranlagen (je 5 m ²)		2 St	31'000	129	121	28	31'000	129	121	28	0	0	0	0
222	Spenglerarbeiten in Kupfer														
	Zinnenfläche Doppelfalz	75	m ²	0	0	0	0	1'289'109	273	232	55	1'289'109	273	232	55
	Ort- und Traufbleche	8	m ²	0	0	0	0	137'505	29	25	6	137'505	29	25	6
	Dachgauben	12	m ²	0	0	0	0	206'258	44	37	9	206'258	44	37	9
	Dachwasser, Fall-Leitung Kupfer ø 100 mm		48 m	103'676	22	19	4	103'676	22	19	4	0	0	0	0
224	Bedachungsarbeiten, Deckungen														
	Fläche neu eindecken mit Eternitschiefer	75	5 m ²	845	3	3	1	13'518	53	44	13	12'673	49	41	12
224.2	Glaseinbauten in Steildächern														
	Dachfenster, 0.8 x 1.2 m	5	2 St	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	... Anteil Glas (75%)	5	2 St	2'246	9	8	2	7'862	30	29	7	5'616	22	21	5
	... Anteil Rahmen (25%)	5	2 St	5'104	27	15	3	17'864	94	53	12	12'760	67	38	9
	Dachausstieg, 1.5 x 1 m ...	1	0 St	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	... Anteil Türe (75%)	1	0 St	0	0	0	0	6'225	19	12	3	6'225	19	12	3
	... Anteil Rahmen (25%)	1	0 St	0	0	0	0	3'988	21	12	3	3'988	21	12	3
225	Spezielle Dichtungen und Dämmungen														
	Silikonfugen		400 m	12'285	46	41	16	12'285	46	41	16	0	0	0	0
226	Fassadenputze, kleinere Reparaturen														
	Fassadenputze, kleinere Reparaturen (d=20mm)		20 m ²	7'905	26	23	8	7'905	26	23	8	0	0	0	0
227.1	Aeusserer Malerarbeiten														
	mineralische Anstriche		210 m ²	12'915	46	44	14	12'915	46	44	14	0	0	0	0
	Ölfarbe Holz		60 m ²	5'880	21	20	5	5'880	21	20	5	0	0	0	0

Aufstellung vom Auftraggeber				Berechnete Ökobilanzdaten												
				(Werte pro Jahr: s435)				(Werte pro Jahr: Nachbarshaus)				(Werte pro Jahr: Differenz)				
Bem:	Nachbarhaus braucht mehr "+", weniger "-", unbekannt "?" oder gleich "-". Der Dachausbau des Nachbarhauses wurde nicht mitberücksichtigt.															
BKP	Beschrieb	± ΔEh	beide gleich	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq	UBP	Total	n. erneue	kgCO ₂ eq	
					primärEnergie [kWh Oil-eq]	THG			primärEnergie [kWh Oil-eq]	THG			primärEnergie [kWh Oil-eq]	THG		
228	Aeusserer Abschlüsse, Sonnenschutz															
	Jalousieläden in Holz ...	-26	St									0	0	0	0	
	... Holzwerk	-26	St	3'306	51	5	1	0	0	0	0	-3'306	-51	-5	-1	
	... Beschichtung	-26	St	3'184	11	11	3	0	0	0	0	-3'184	-11	-11	-3	
	Rollläden in Holz ...	-18	St									0	0	0	0	
	... Holzwerk	-18	St	2'089	32	3	1	0	0	0	0	-2'089	-32	-3	-1	
	... Beschichtung	-18	St	2'959	11	10	2	0	0	0	0	-2'959	-11	-10	-2	
	Rollläden in Aluminium	26	St									0	0	0	0	
	... Profile	26	St	0	0	0	0	15'876	74	62	13	15'876	74	62	13	
	... Beschichtung	26	St	0	0	0	0	3'184	11	11	3	3'184	11	11	3	
	Markisen (à 5 m ²)		2 St													
230	Elektroanlagen															
	Anzahl Steckdosen und Schalter	25	75 St	2'081	10	9	2	2'775	13	12	3	694	3	3	1	
	Anzahl Deckendübel		50 St													
	Starkstromverkabelung ...	1'000	4'000 m													
	... T-Draht Kupfer 1.5 mm ²	1'000	4'000 m	148'320	31	27	6	185'400	39	33	8	37'080	8	7	2	
	... PVC Mantel	1'000	4'000 m	4'928	23	22	5	6'160	28	27	6	1'232	6	5	1	
237	Gebäudeautomation															
	Server und Modem für Steuerung und Kommunikation	-2	St	431	2	1	0	0	0	0	0	-431	-2	-1	0	
	Sensoren für CO ₂ , °C und Luftfeuchtigkeit	-13	St	722	3	3	1	0	0	0	0	-722	-3	-3	-1	
	Raumthermostaten	13	St	0	0	0	0	722	3	3	1	722	3	3	1	
	Verkabelung (Steuerkabel 2x0.5 mm ²)...	-300	500 m													
	... Kupfer 2x0.5 mm ²	-300	500 m	14'935	3	3	1	37'338	8	7	2	22'403	5	4	1	
	... PVC Mantel	-300	500 m	735	3	3	1	1'837	8	8	2	1'102	5	5	1	
	Kettenmotoren in Fensterrahmen für autom. Fensterlüftung ...	-15	St													
	... Eisenwerkstoffe	-15	St	1'085	3	2	1					-1'085	-3	-2	-1	
	... Aluminium	-15	St	493	2	2	0					-493	-2	-2	0	
242	Wärmeerzeugung															
	Neuanschaffung Ölheizung mit Brenner, Kessel,...	1	St					129'485	272	246	55	129'485	272	246	55	
	Neuanschaffung ... Öltank	1	St					42'625	296	290	68	42'625	296	290	68	
	Neuanschaffung Etagen Pelletmodule ...	-2	St					0	0	0	0	0	0	0	0	
	... Stahl	-2	St	13'566	31	29	7	0	0	0	0	-13'566	-31	-29	-7	
	... (Schamott-)Steine	-2	St	37'392	62	58	12	0	0	0	0	-37'392	-62	-58	-12	
	Instandstellung Kaminöfen mit Stückholzfeuerung...	-9	St									0	0	0	0	
	... neu Ausschamottierung	-9	St	221'400	365	343	70	0	0	0	0	-221'400	-365	-343	-70	
	Neuanschaffung IR-Paneele (60x100cm) 600W in Bädern ...	-5	St									0	0	0	0	
	... Glas (60%)	-5	St	1'924	7	7	2					-1'924	-7	-7	-2	
	... Metalle (30%)	-5	St	2'038	3	3	0					-2'038	-3	-3	0	
	... Harze (10%)	-5	St	1'541	8	8	1					-1'541	-8	-8	-1	
	L/W WP-Boiler, bestehend aus ...	-1	St									0	0	0	0	
	... L/W-WP	-1	St	70'849	158	145	45	0	0	0	0	-70'849	-158	-145	-45	
	Quooker	-5	St	6'890	18	15	4	0	0	0	0	-6'890	-18	-15	-4	
243	Wärmeverteilung															
	Leitungsnetz ab Heizungsraum	110	m	0	0	0	0	78'973	228	206	44	78'973	228	206	44	
	Leitungsnetz Dämmung (UG)	20	m	0	0	0	0	2'083	10	9	2	2'083	10	9	2	
	Anzahl Radiatoren	30	St	0	0	0	0	146'994	352	329	79	146'994	352	329	79	
250	Sanitäranlagen															
	Konventioneller Boiler (über Ölheizung gespiesen)	1	St	0	0	0	0	35'748	101	97	6	35'748	101	97	6	
	L/W WP-Boiler, bestehend aus ...	-1	St									0	0	0	0	
	... WW-Speicher	-1	St	17'665	180	174	12	0	0	0	0	-17'665	-180	-174	-12	
	Warmwasserzählung		5 St													
	Steigleitung Warmwasser, bestehend aus...	15	m									0	0	0	0	
	... Stahlrohr DN15	15	m	0	0	0	0	1'209	3	3	1	1'209	3	3	1	
	... Dämmung: PIR-Schale, PVC-Umhüllung	15	m	0	0	0	0	599	3	3	1	599	3	3	1	
251	Allgemeine Sanitärapparate															
	Waschküche: Waschmaschine Tumbler, Anzahl Geräte	8	2 St	77'745	139	125	9	388'723	696	627	47	310'978	557	501	38	
	Spiegelschrank statt IR-Paneel...	5	St													
	... Aluprofile	5	St	0	0	0	0	6'891	32	27	6	6'891	32	27	6	
	... Lackierung	5	St	0	0	0	0	1'576	6	6	1	1'576	6	6	1	
	... Spiegel aus Kristallglas 6mm	5	St	0	0	0	0	2'734	10	10	2	2'734	10	10	2	
	Anzahl Lavabo		5 St	31'371	48	45	10	31'371	48	45	10	0	0	0	0	
	Anzahl WC		5 St	21'410	70	68	16	21'410	70	68	16	0	0	0	0	
	Duschtassen		5 St	34'081	45	43	10	34'081	45	43	10	0	0	0	0	
	WRG Module Joulia in Duschtassen	-5	St	10'628	27	24	6	0	0	0	0	-10'628	-27	-24	-6	
258	Kücheneinrichtungen															
	Anzahl Küchenelemente	27.5	22.5 El	68'977	400	223	49	153'281	889	495	109	84'305	489	272	60	
	Kühlschrank	5	St									0	0	0	0	
	Kühlschrank klein	-5	St									0	0	0	0	
	Dampfabzug	5	St	0	0	0	0	73'750	172	154	37	73'750	172	154	37	

Aufstellung vom Auftraggeber				Berechnete Ökobilanzdaten																		
				(Werte pro Jahr: s435)				(Werte pro Jahr: Nachbarshaus)				(Werte pro Jahr: Differenz)										
Bem:	Nachbarhaus braucht mehr "+", weniger "-", unbekannt "?" oder gleich "-". Der Dachausbau des Nachbarhauses wurde nicht mitberücksichtigt.																					
BKP	Beschrieb	± ΔEh	beide gleich	UBP	Total	primärEnergie [kWh Oil-eq]	n. erneue	THG	kgCO ₂ eq	UBP	Total	primärEnergie [kWh Oil-eq]	n. erneue	THG	kgCO ₂ eq	UBP	Total	primärEnergie [kWh Oil-eq]	n. erneue	THG	kgCO ₂ eq	
271	Gipserarbeiten																					
	Deckputzarbeiten Innenwände, 5mm		1'000 m ²	23'279	115	106		24		23'279	115	106		24		0	0	0	0	0	0	0
	Grundputzarbeiten Innen, 10mm	1'000	m ²	0	0	0	0	0	0	46'558	231	212	48	48	48	46'558	231	212	48	48	48	48
	Gipskartonwände (Metallständer) ...	55	m ²																			
	... Gipskartonwände 15 cm (doppelt)	110	m ²	0	0	0	0	0	0	14'967	68	64	14	14	14	14'967	68	64	14	14	14	14
	... Metallständer	55	m ²	0	0	0	0	0	0	70'687	73	69	15	15	15	70'687	73	69	15	15	15	15
	Gipskarton Vorsatzschalen 7.5 cm ...	-15	m ²	2'041	9	9	2	2	2	0	0	0	0	0	0	-2'041	-9	-9	-2	-2	-2	-2
	... Metallständer	-15	m ²	19'278	20	19	4	4	4	0	0	0	0	0	0	-19'278	-20	-19	-4	-4	-4	-4
	Gipskartondecken (abgehängt) ...	220	m ²	0	0	0	0	0	0	29'935	136	129	28	28	28	29'935	136	129	28	28	28	28
	... Metallständer	220	m ²	0	0	0	0	0	0	259'770	269	253	57	57	57	259'770	269	253	57	57	57	57
272	Metallbauarbeiten																					
	Vordach, Stahlblech, Konsolen:	=																				
	Bestand, Farbe neu	=																				
	Balkongeländer: Bestand, Farbe neu	=																				
	Geländer Dachterrasse	20	m	0	0	0	0	0	0	46'900	76	74	17	17	17	46'900	76	74	17	17	17	17
	Absturzsicherungen Fenster	18	m	0	0	0	0	0	0	42'210	69	66	15	15	15	42'210	69	66	15	15	15	15
	Absturzsicherungen Treppenhaus	?																				
	Bestand, Farbe neu	?																				
	Briefkastenanlage, Anzahl neue Briefkästen	4	1 St	807	3	3	1	1	1	4'034	17	13	3	3	3	3'227	13	11	2	2	2	2
273	Schreinerarbeiten																					
	Wohnungstüren neu, Brandschutz, fertig gestrichen	5	St	0	0	0	0	0	0	91'300	278	182	43	43	43	91'300	278	182	43	43	43	43
	Wohnungstüren instandgesetzt	-5	St													0	0	0	0	0	0	0
	Türschlösser	-5	St	221	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-221	-1	0	0	0	0	0
	Innentüren neu, ...	35	St	0	0	0	0	0	0	122'243	1'006	402	90	90	90	122'243	1'006	402	90	90	90	90
	... fertig gestrichen	35	St	0	0	0	0	0	0	8'163	29	27	7	7	7	8'163	29	27	7	7	7	7
	Einbauschränke	?	St													0	0	0	0	0	0	0
	Allgemeine Schreinerarbeiten	?	St													0	0	0	0	0	0	0
275	Schliessanlagen																					
	Schliesszylinder		20 St	885	2	2	0	0	0	885	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlüssel		30 St	103	0	0	0	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
281	Bodenbeläge																					
281.2	Bodenbeläge aus Kunststoff (Vinyl oder Laminat)	350	m ²	0	0	0	0	0	0	120'167	970	522	99	99	99	120'167	970	522	99	99	99	99
281.5	Bodenbeläge Kunststein (Terrazzo), Pflege: Schleifen, imprägnieren	-28	m ²	1'148	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-1'148	-4	-4	-1	-1	-1	-1
281.6	Bodenbeläge Plattenarbeiten Feinsteinzeug	-25	25 m ²	73'667	121	114	23	23	23	36'833	61	57	12	12	12	-36'833	-61	-57	-12	-12	-12	-12
281.7	Bodenbeläge aus Holz, Pflege: Schleifen, ölen	-300	m ²	19'600	70	65	16	16	16	0	0	0	0	0	0	-19'600	-70	-65	-16	-16	-16	-16
	Sockel, Holz ca. 10 x 50 mm		350 m	4'419	47	9	2	2	2	4'419	47	9	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
282	Wandbeläge, Wandbekleidungen																					
282.4	Wandbeläge, Plattenarbeiten	80	45 m ²	66'300	109	103	21	21	21	184'167	303	286	58	58	58	117'867	194	183	37	37	37	37
284	Hafnerarbeiten																					
	Instandstellen, neu ausschamottieren der Stückholzöfen	-9	St	147'600	243	229	47	47	47	0	0	0	0	0	0	-147'600	-243	-229	-47	-47	-47	-47
285.1	Innere Malerarbeiten																					
	Mineralfarbe auf neuen Putzflächen und Decken	-1'750	m ²	107'625	382	368	119	119	119	0	0	0	0	0	0	-107'625	-382	-368	-119	-119	-119	-119
	Dispersion auf neuen Putzflächen und Decken	1'600	m ²	0	0	0	0	0	0	156'800	557	521	128	128	128	156'800	557	521	128	128	128	128
	Bestehende Holztüren Kunstharz streichen	-35	St	12'245	43	41	10	10	10	0	0	0	0	0	0	-12'245	-43	-41	-10	-10	-10	-10
286	Bauaustrocknung	?																				
287	Baureinigung																					
	Total			2'034'149	6'546	4'237	954	954	954	7'425'807	15'954	13'298	3'290	3'290	3'290	5'391'659	9'408	9'060	2'336	2'336	2'336	2'336
	pro m ² EBF (gerundet)			3'929	12.6	8.2	1.8	1.8	1.8	14'342	30.8	25.7	6.4	6.4	6.4	10'414	18.2	17.5	4.5	4.5	4.5	4.5

7.9. Beispiel Auswertung Rohwerte

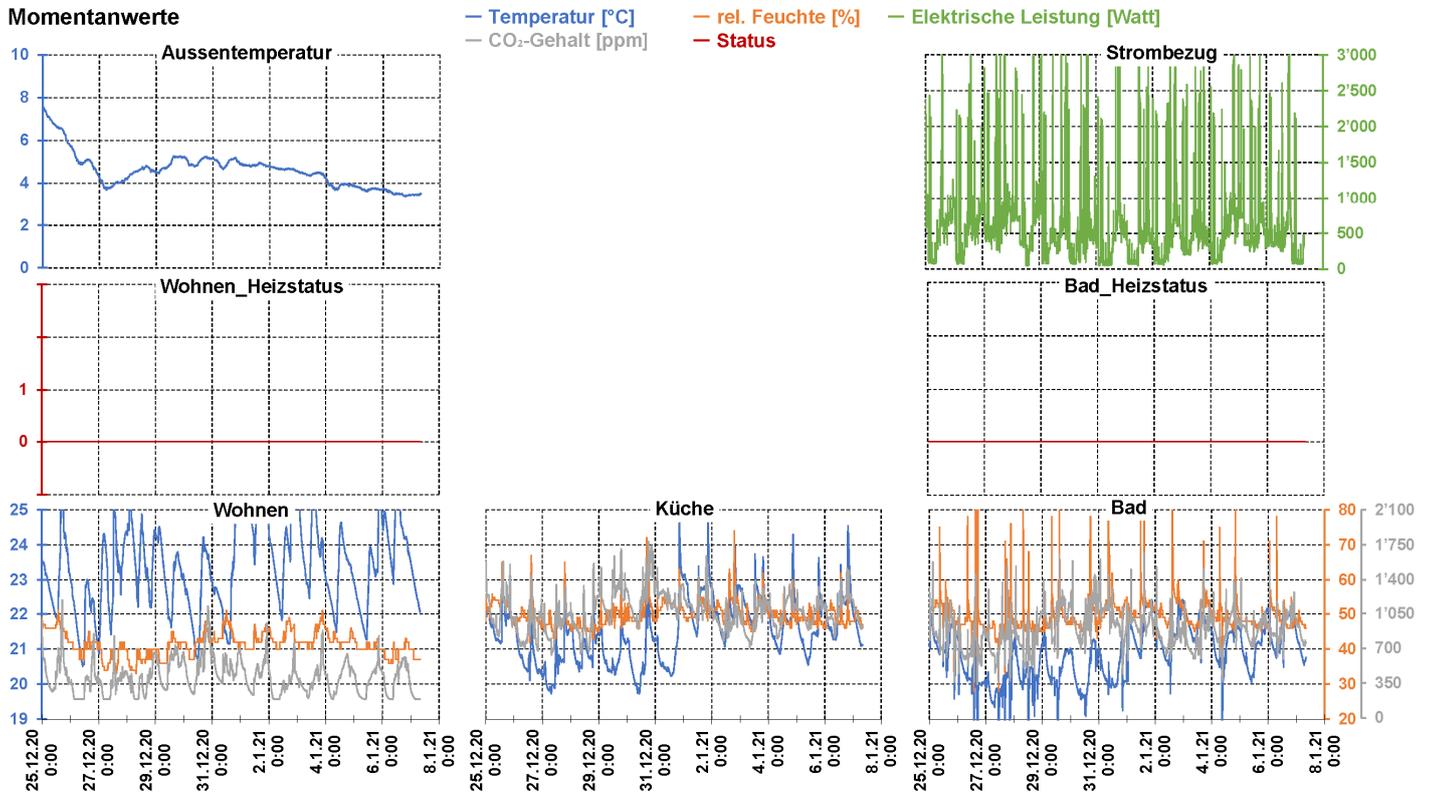


Abbildung 7: Darstellung der übermittelten Momentanwerte (hier im 2. OG)

7.10. Vergleichsdaten aus Elektromessungen an anderen Wohnungen

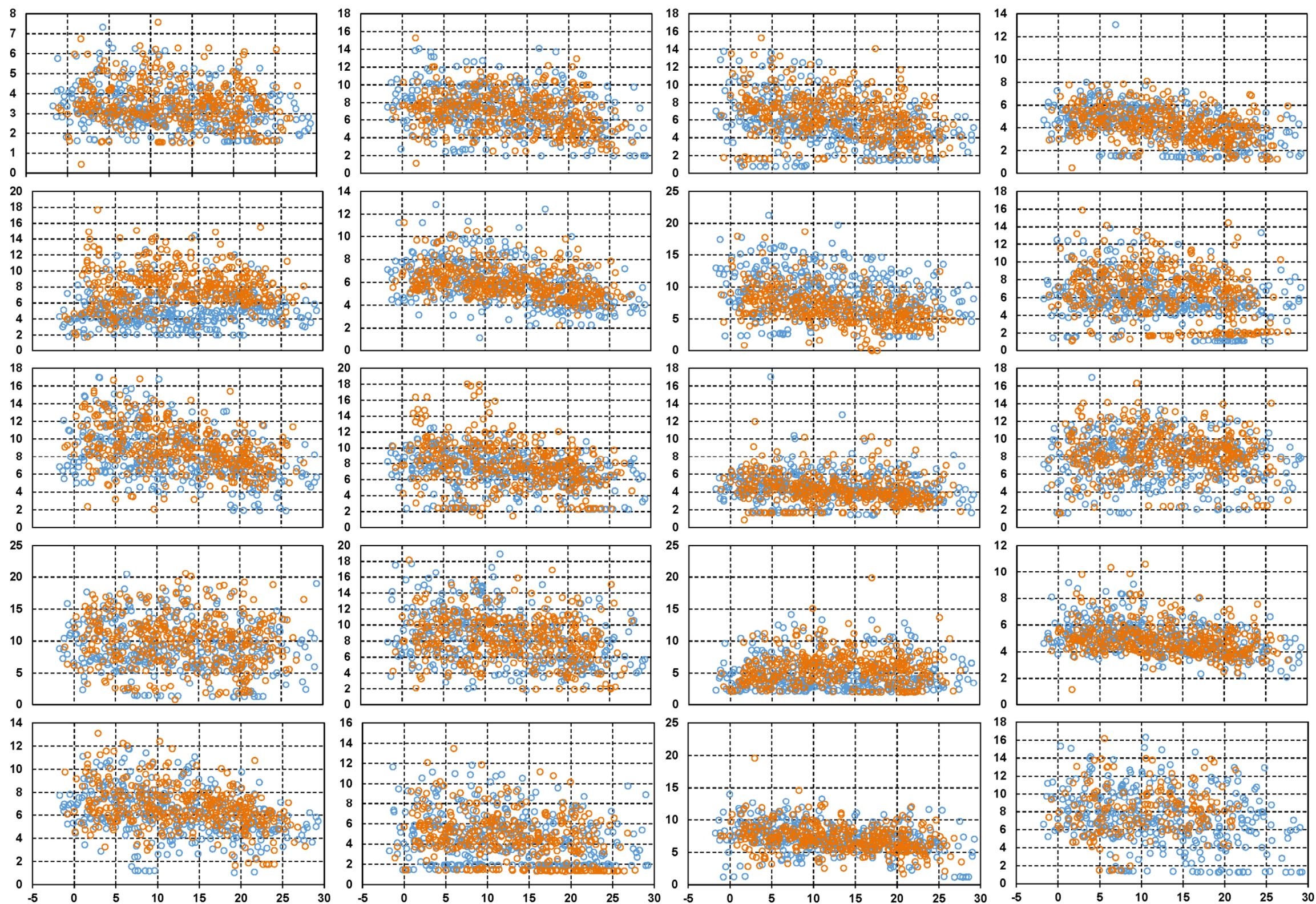


Abbildung 8: Temperaturabhängigkeit des Bezugs elektrischer Energie in Wohnungen (Quelle: HSLU eigene Daten; \circ : Werte 2021; \circ : Werte 2020; x-Achse: Tagesmitteltemperatur [°C]; y-Achse: Tagesbezug elektrisch [kWh/Tag]

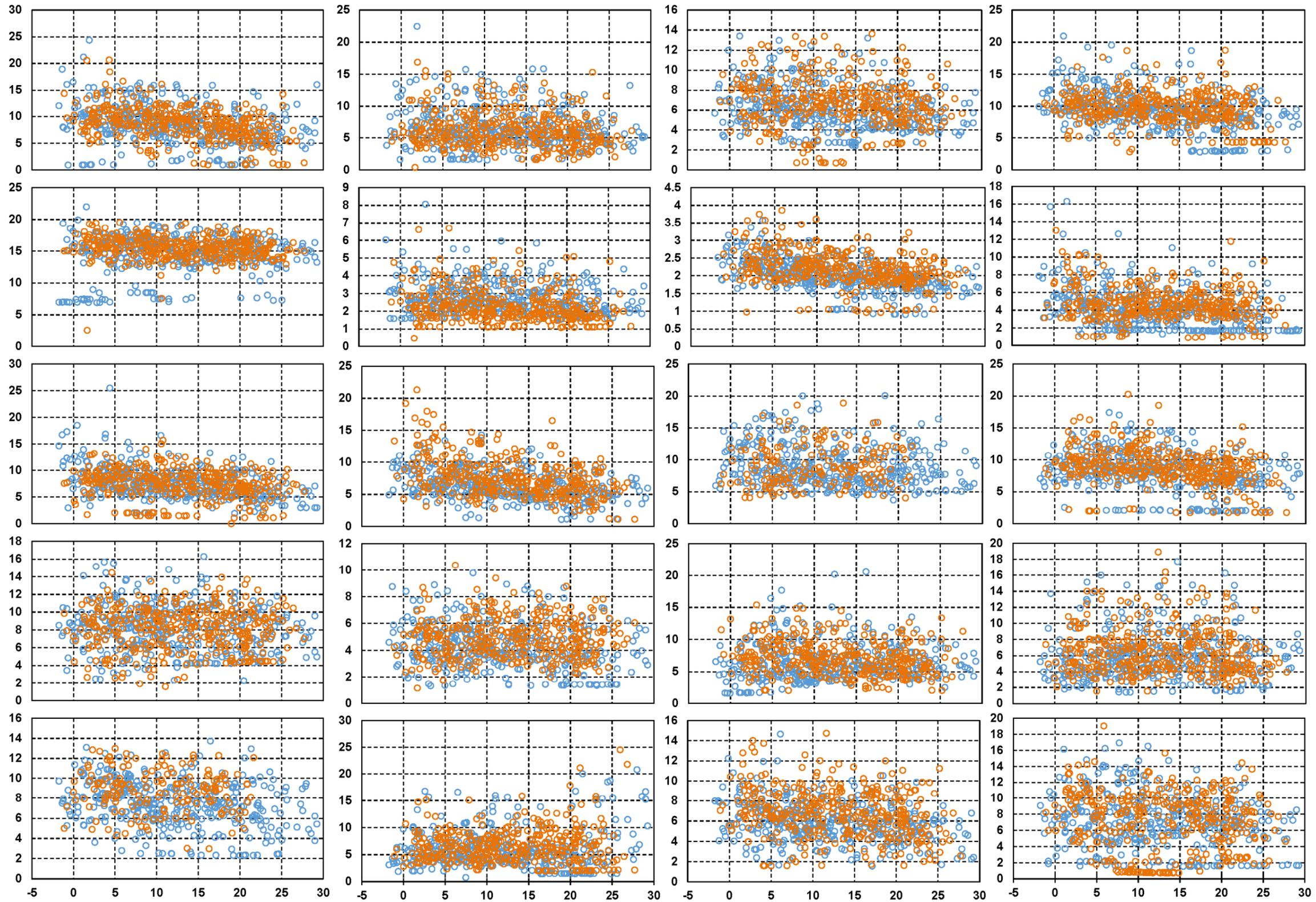
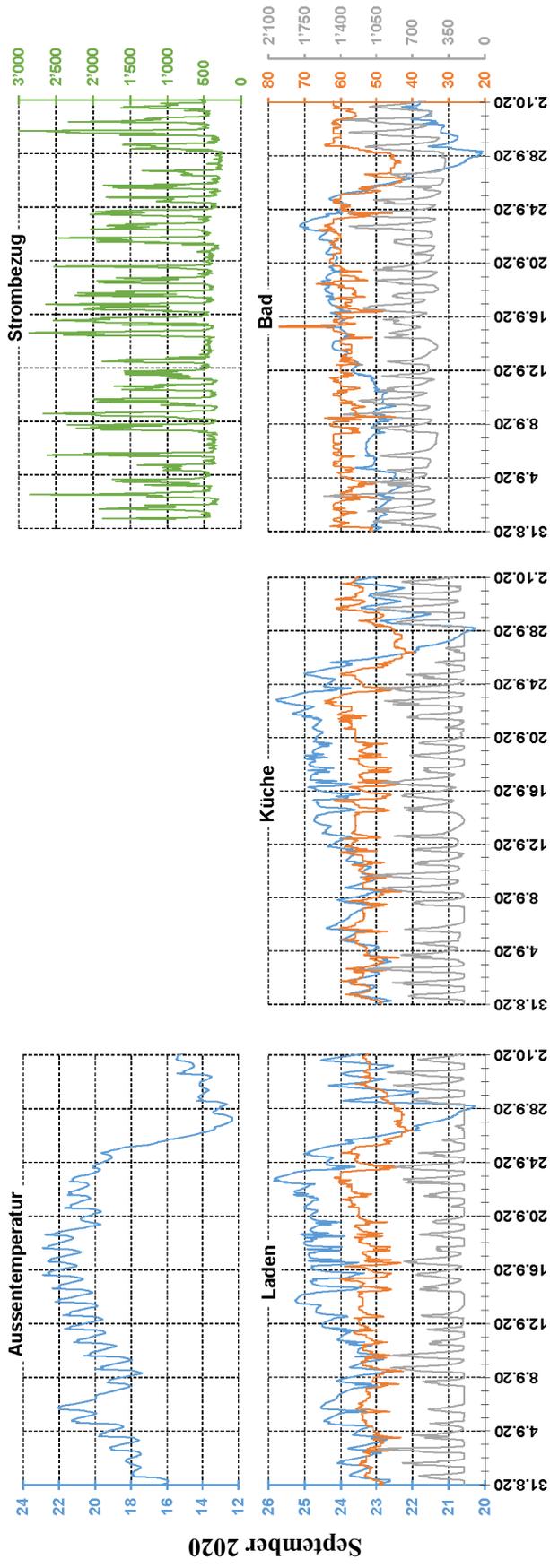


Abbildung 9: Temperaturabhängigkeit des Bezugs elektrischer Energie in Wohnungen (Quelle: HSLU eigene Daten; \circ : Werte 2021; \circ : Werte 2020; x-Achse: Tagesmitteltemperatur [°C]; y-Achse: Tagesbezug elektrisch [kWh/Tag])

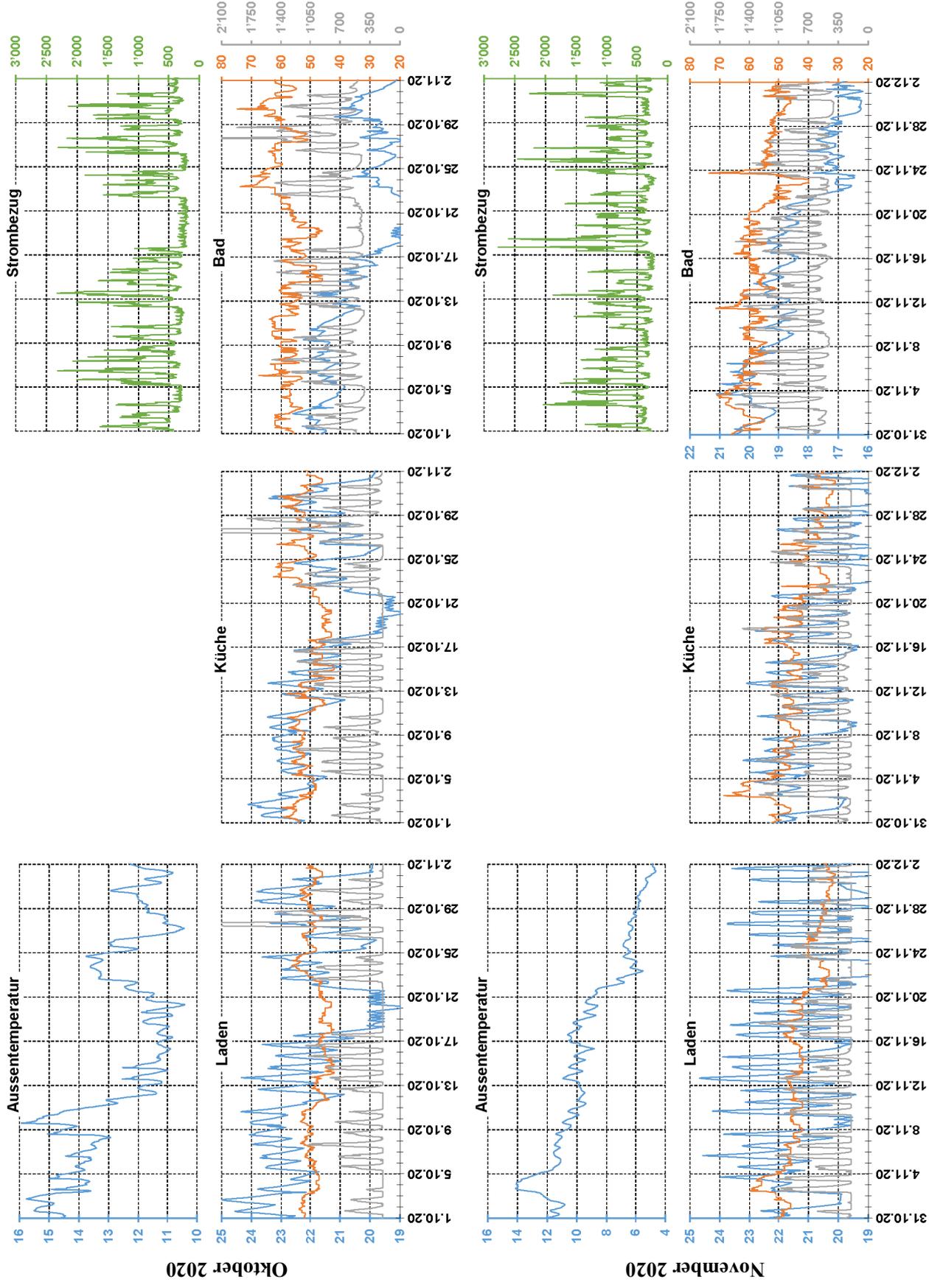
7.11. Monatliche Auswertungen aller Räume (alle Werte Stundenmittel)

Legende zu allen Abbildungen in Kapitel 7.11: siehe auch Fusszeile

Erdgeschoss (Ladenlokal)



Erdgeschoss (Ladenlokal)



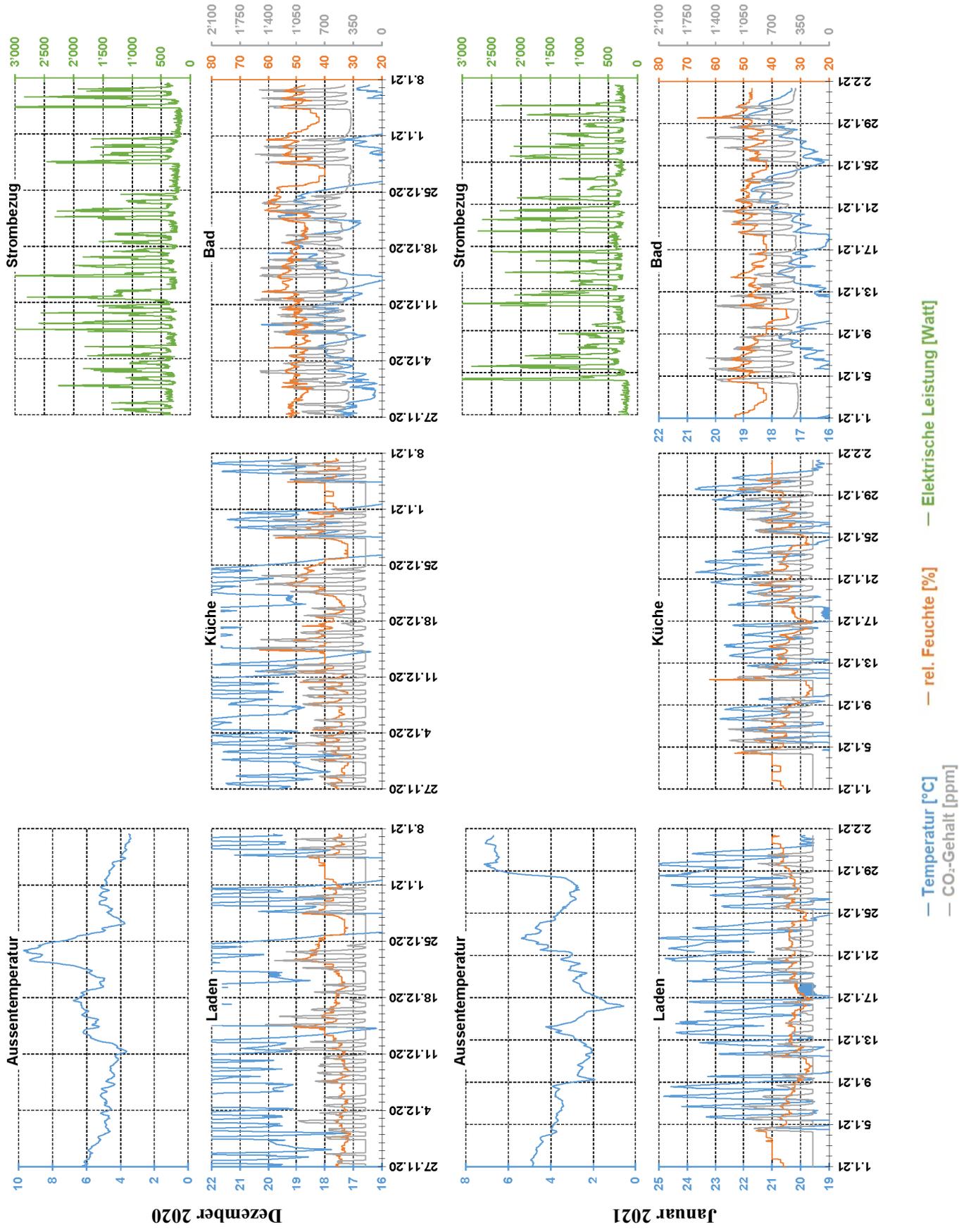
— Elektrische Leistung [Watt]

— rel. Feuchte [%]

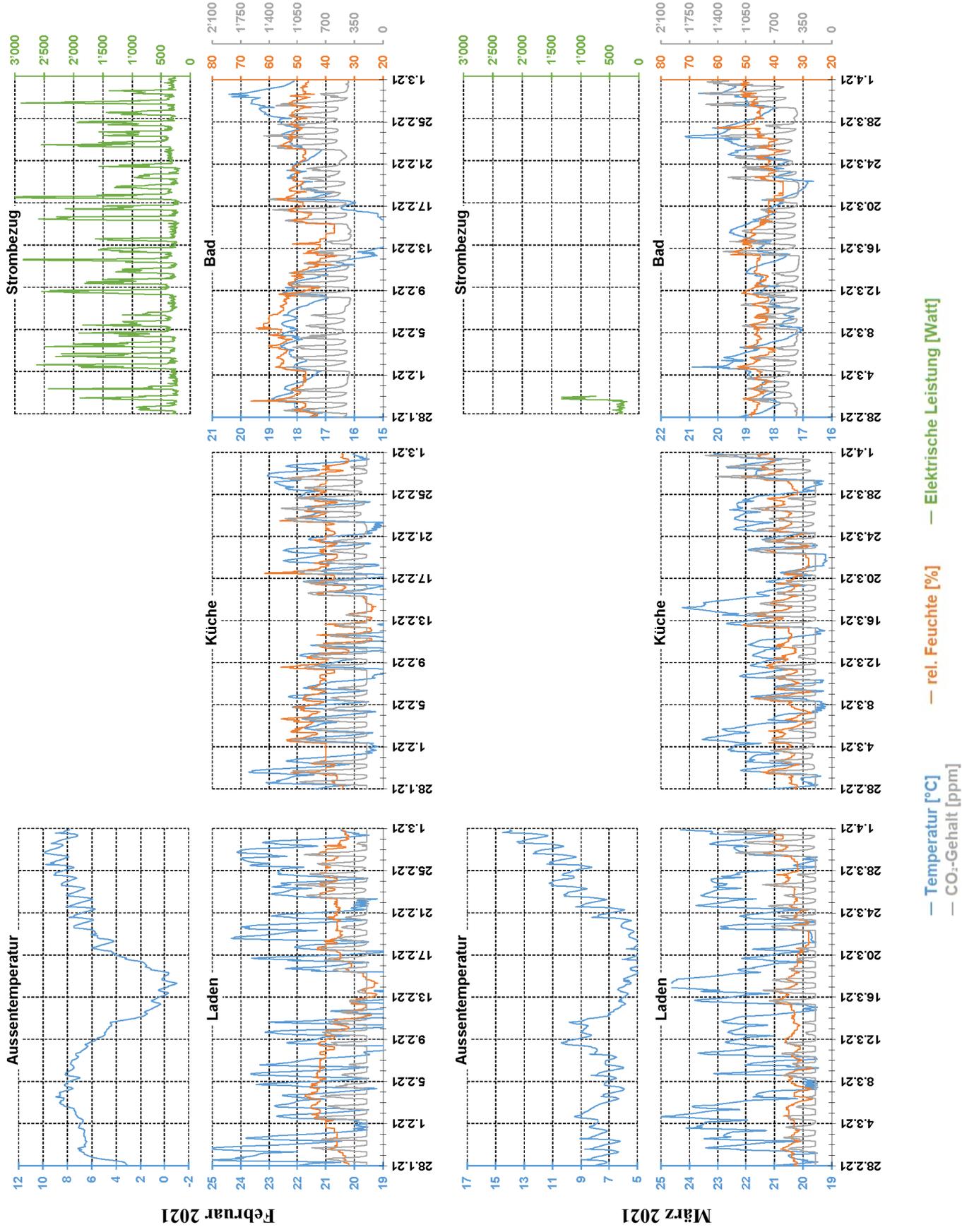
— Temperatur [°C]

— CO₂-Gehalt [ppm]

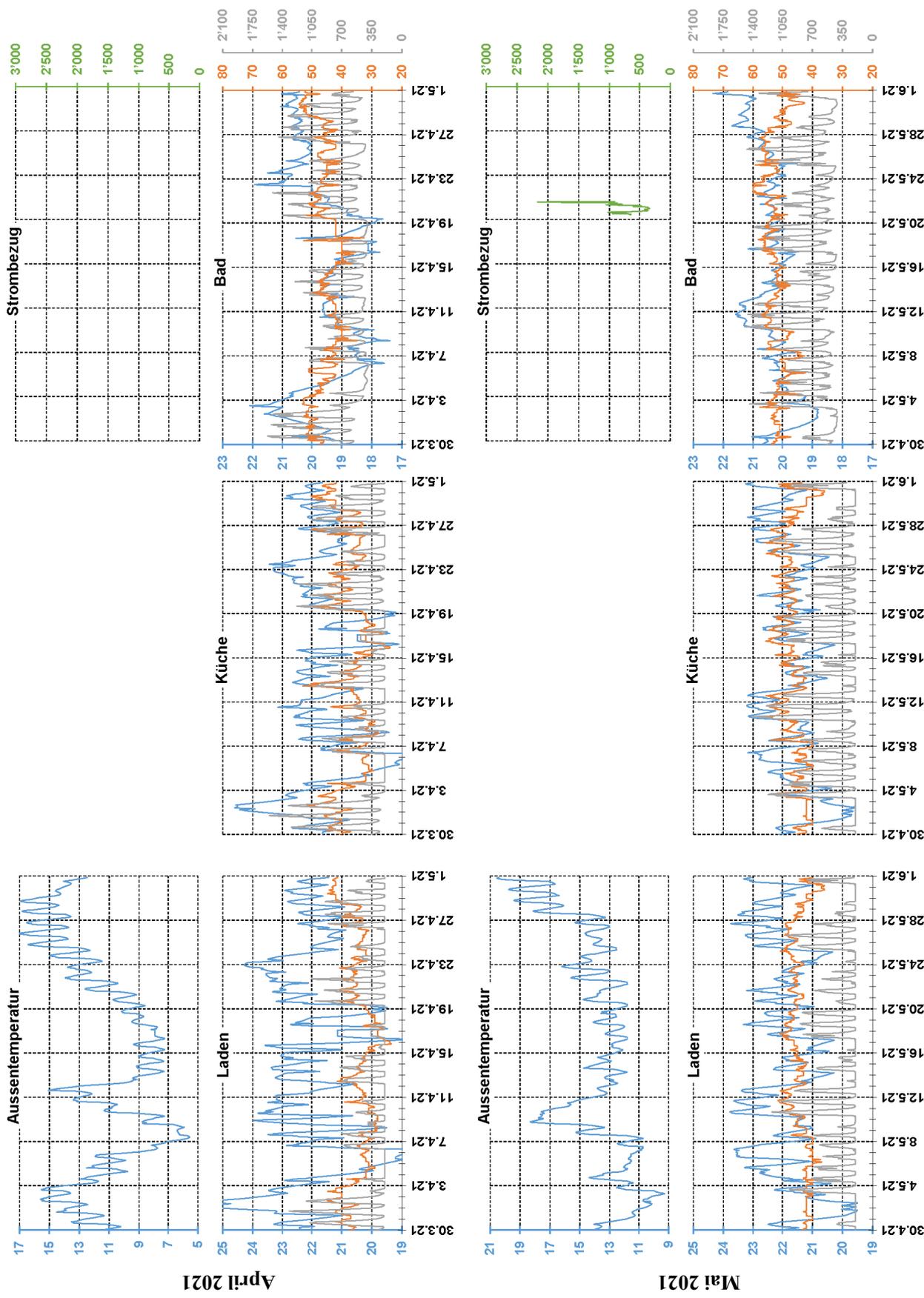
Erdgeschoss (Ladenlokal)



Erdgeschoss (Ladenlokal)



Erdgeschoss (Ladenlokal)

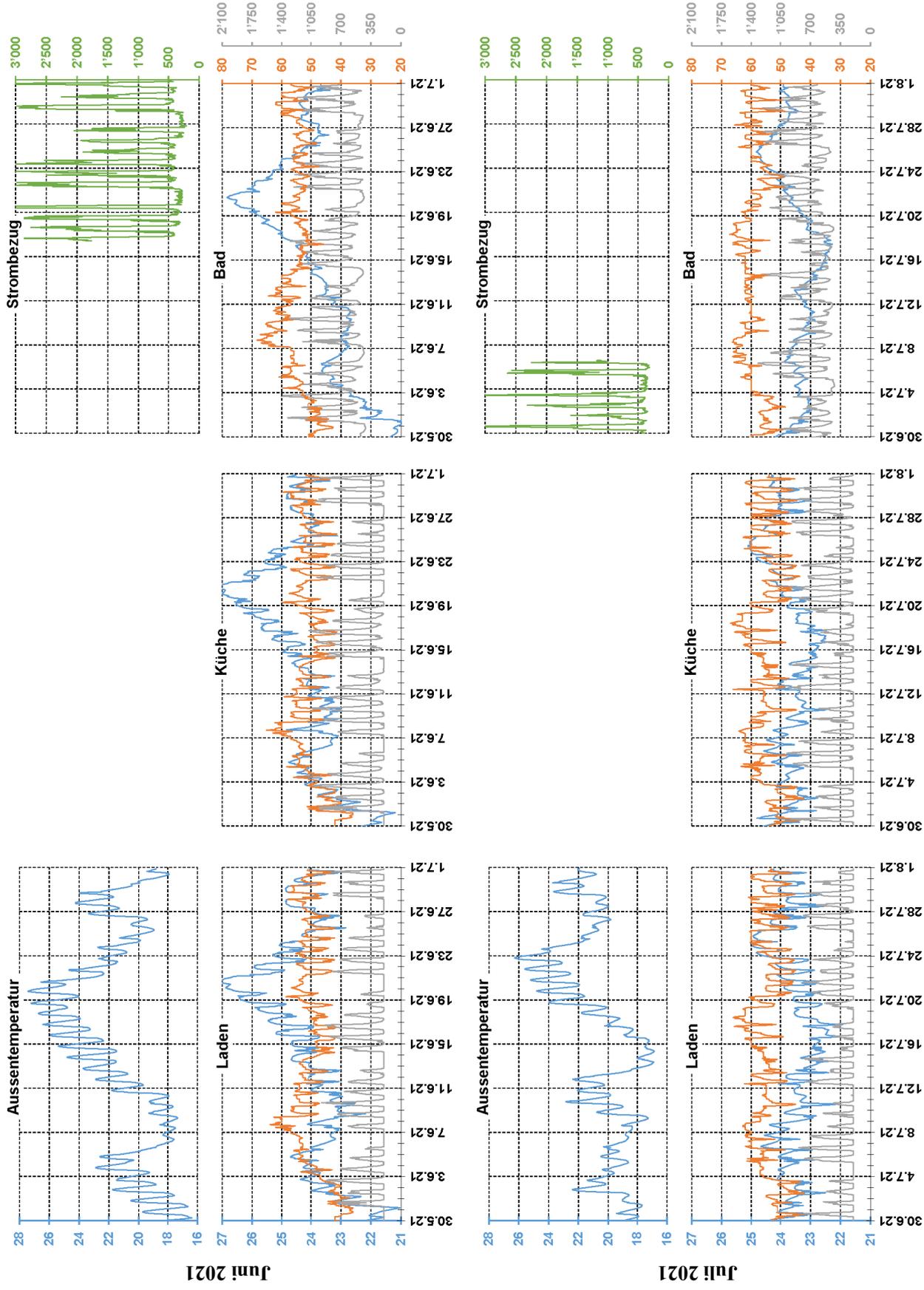


— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

— rel. Feuchte [%]

— Elektrische Leistung [Watt]

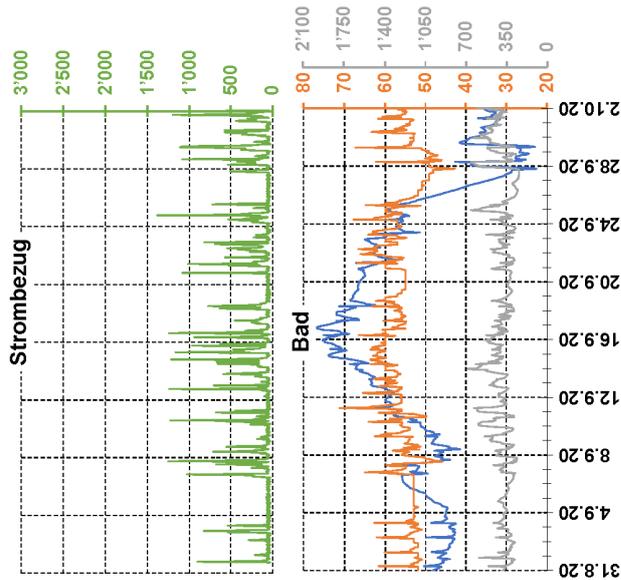
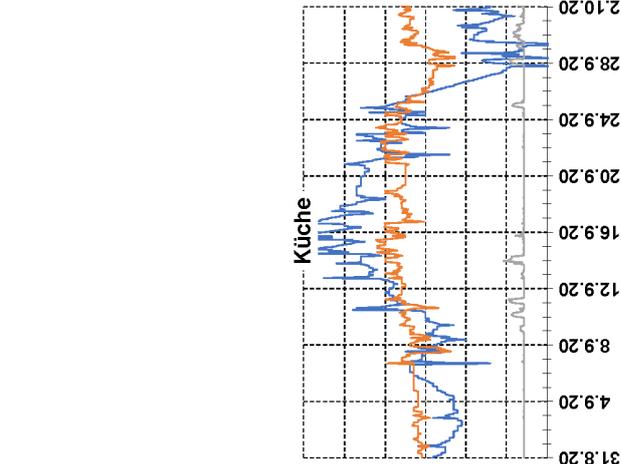
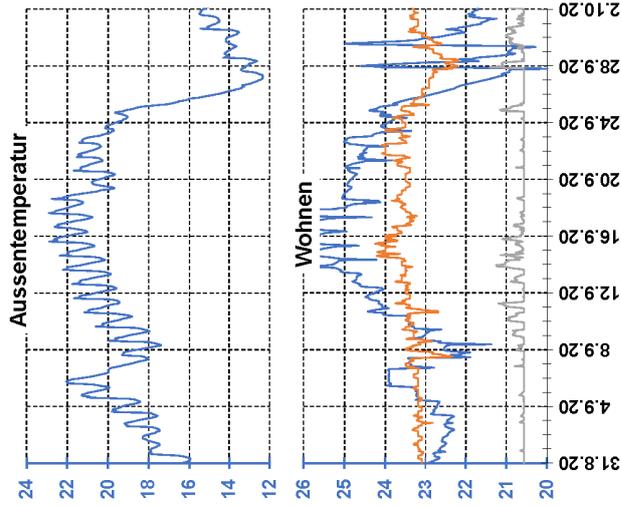
Erdgeschoss (Ladenlokal)



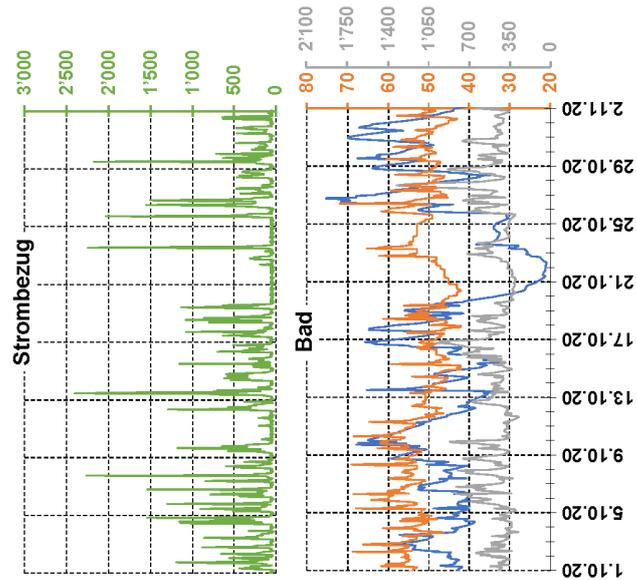
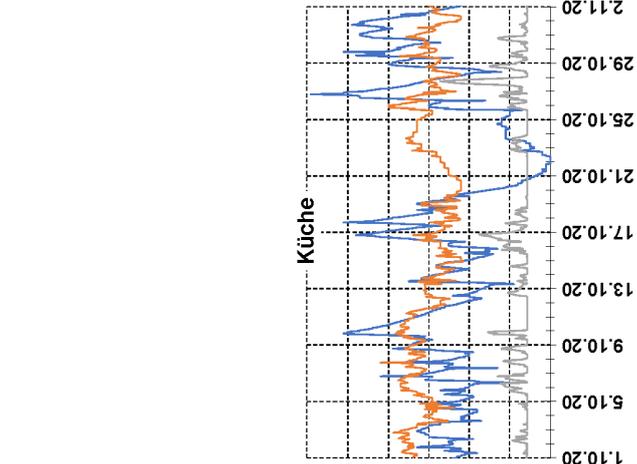
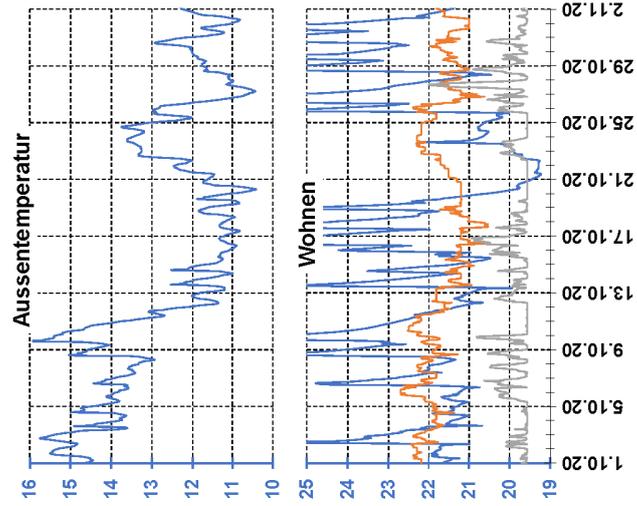
— Temperatur [°C] — rel. Feuchte [%] — Elektrische Leistung [Watt]

— CO₂-Gehalt [ppm]

1. Obergeschoss (Wohnnutzung)



September 2020

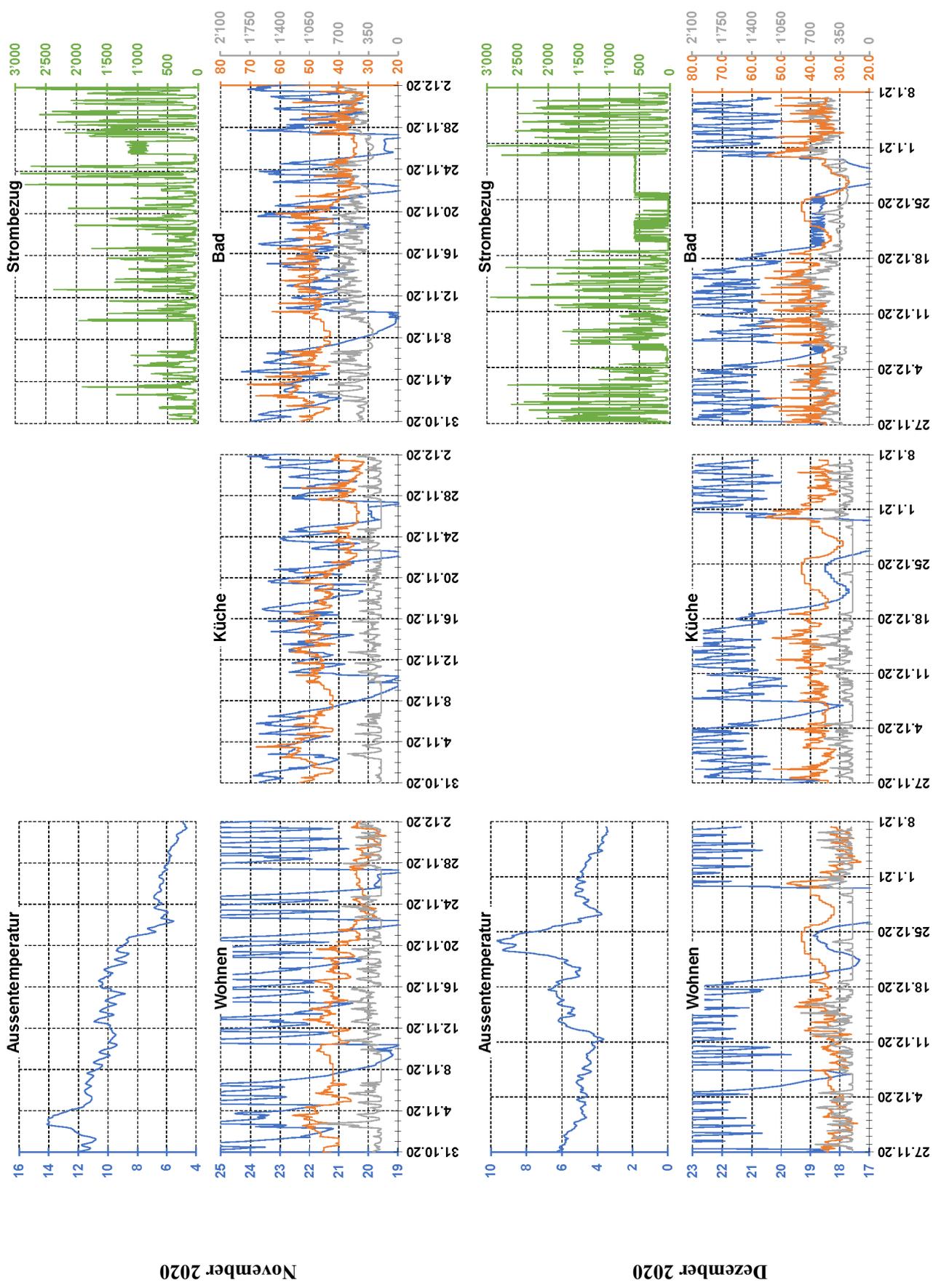


Oktober 2020

— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

— rel. Feuchte [%]

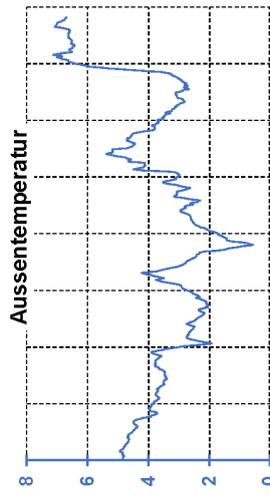
— Elektrische Leistung [Watt]



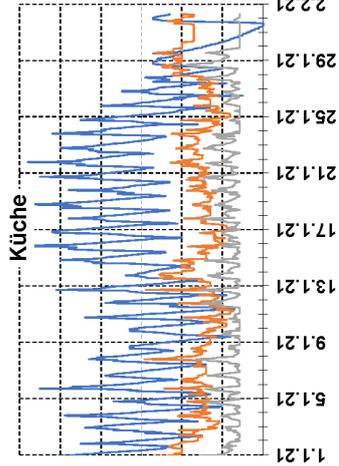
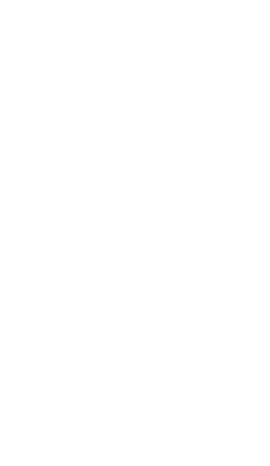
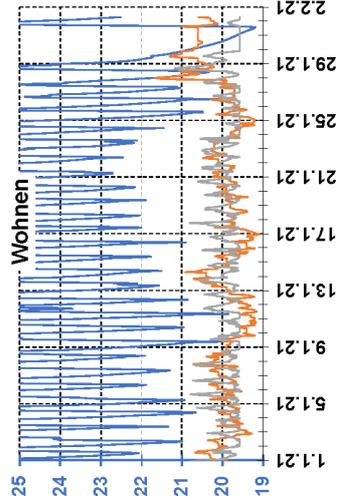
— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

— rel. Feuchte [%]

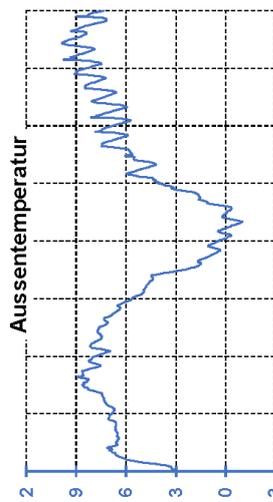
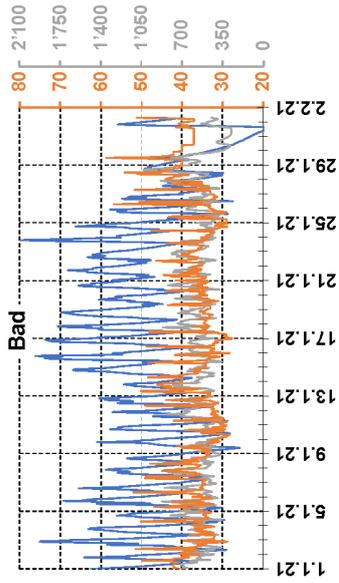
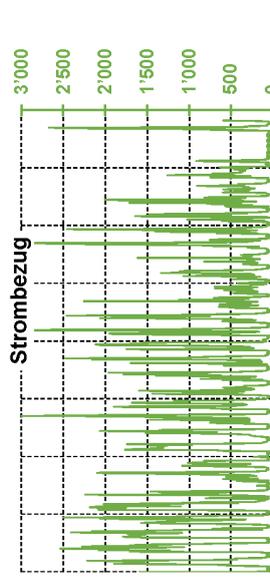
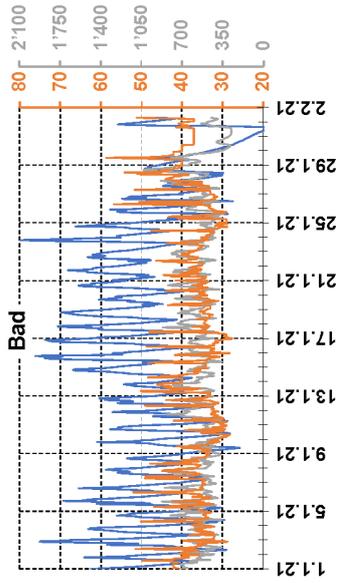
— Elektrische Leistung [Watt]



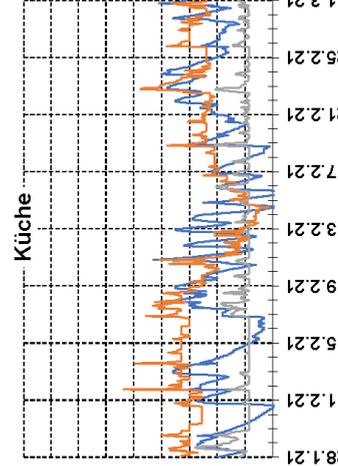
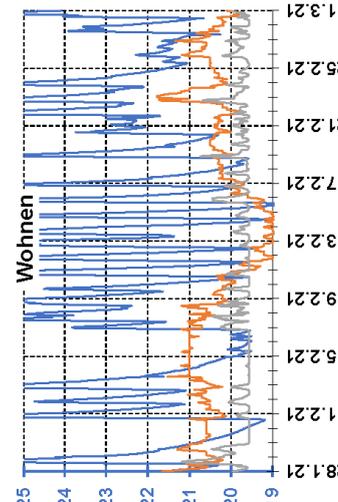
Januar 2021



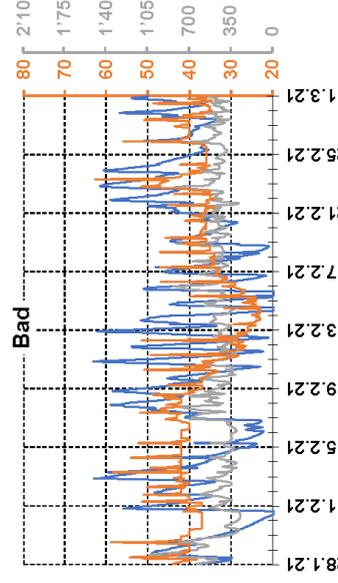
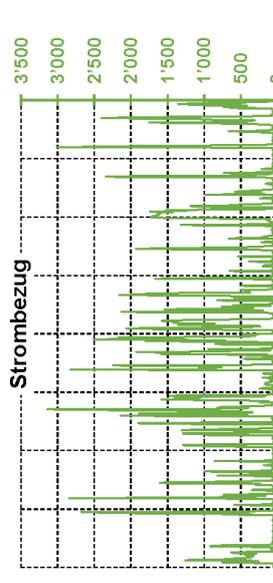
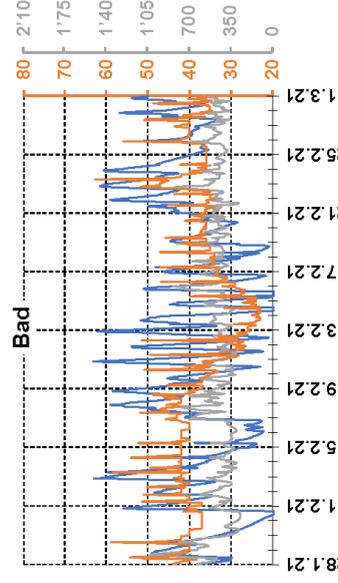
Küche



Februar 2021



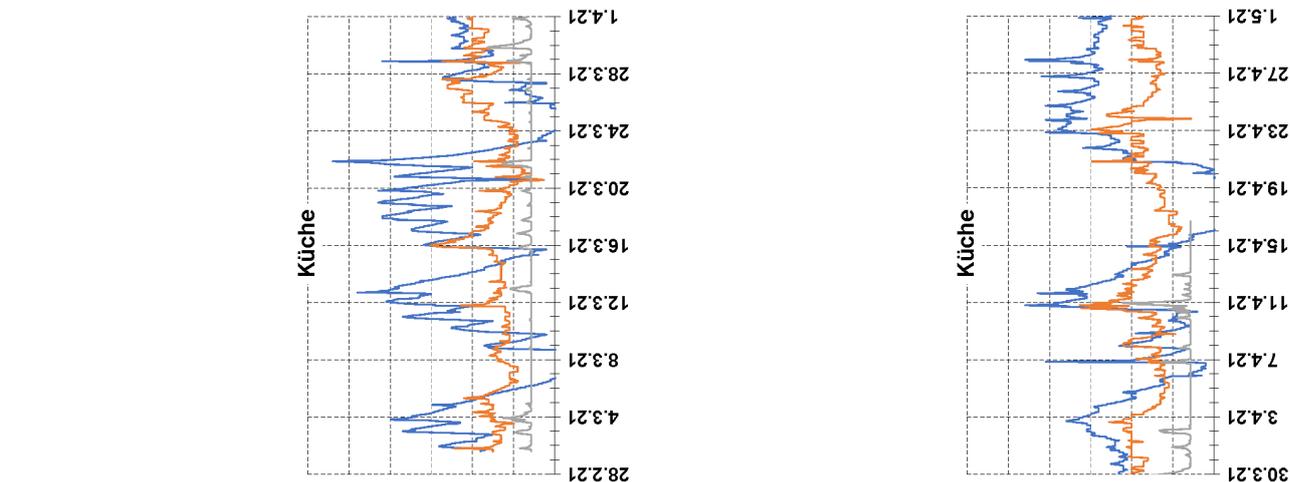
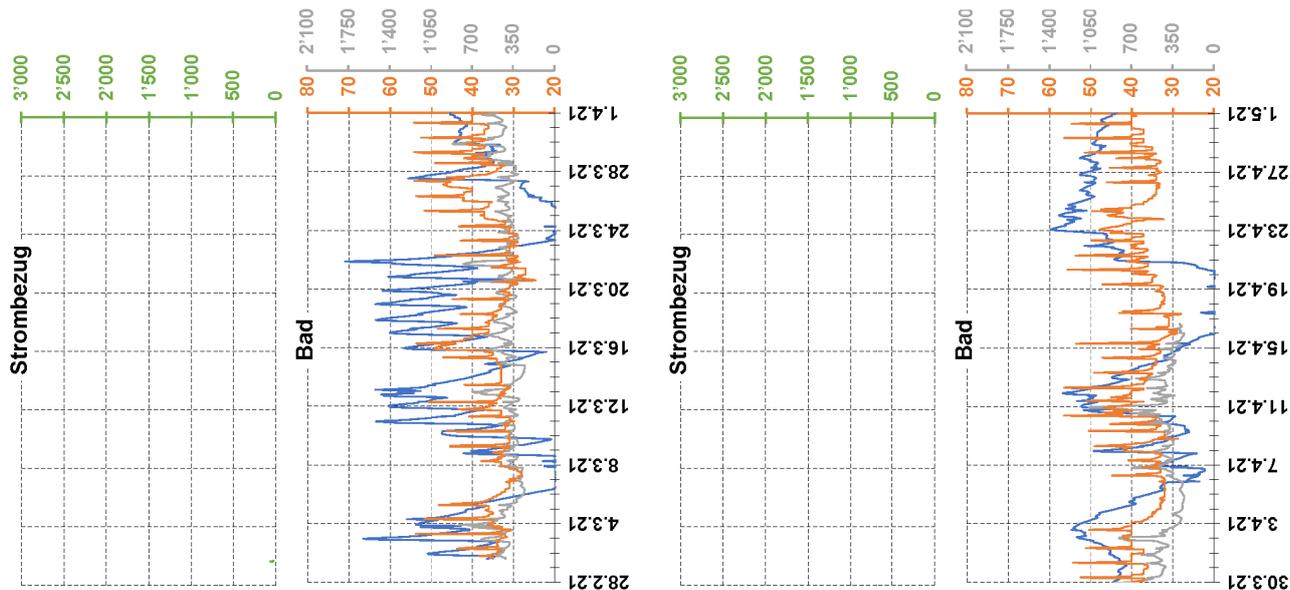
Küche



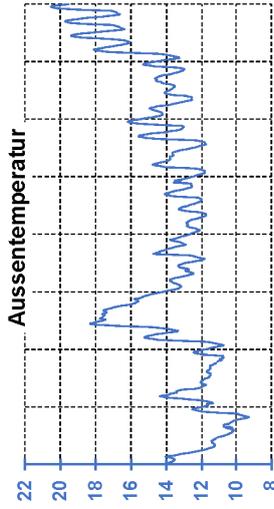
— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

— rel. Feuchte [%]

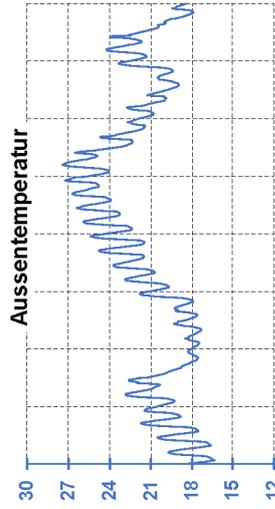
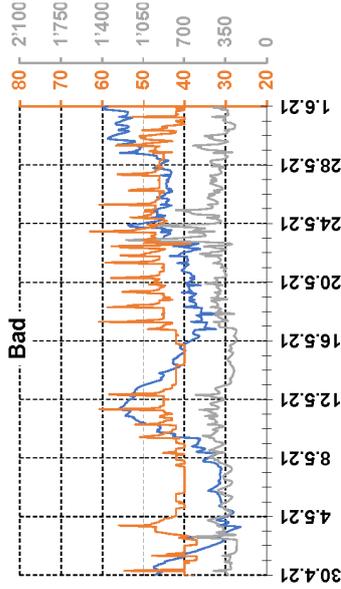
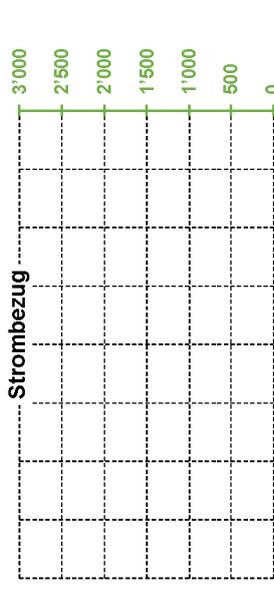
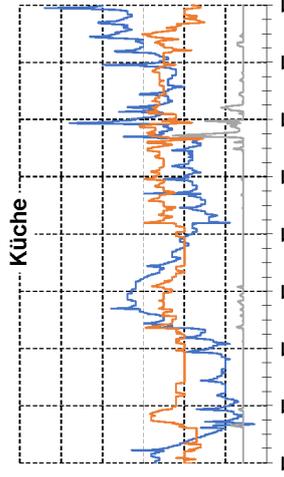
— Elektrische Leistung [Watt]



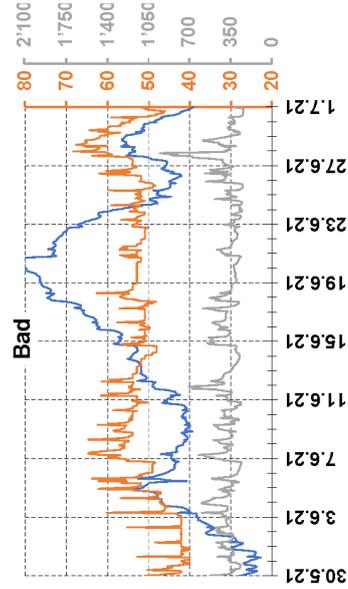
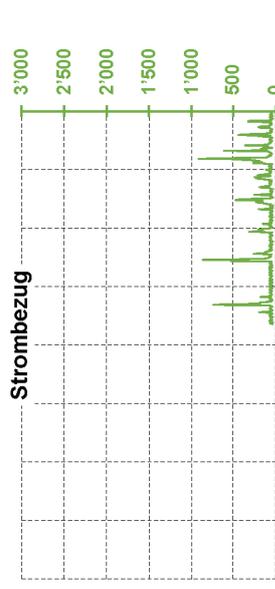
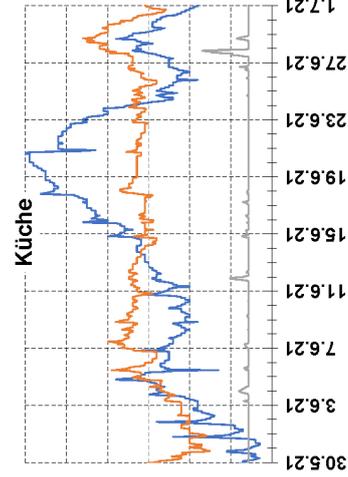
— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]
— rel. Feuchte [%]
— Elektrische Leistung [Watt]



Mai 2021



Juni 2021

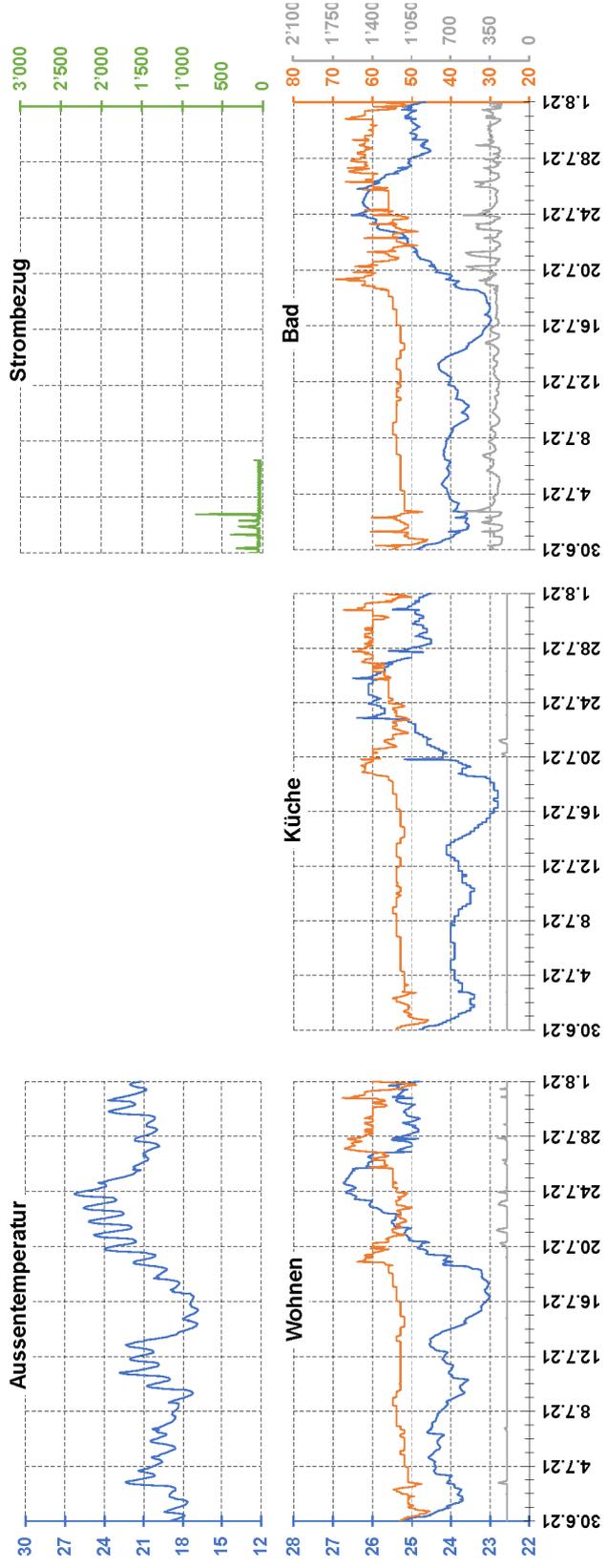


— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

— rel. Feuchte [%]

— Elektrische Leistung [Watt]

Julii 2021

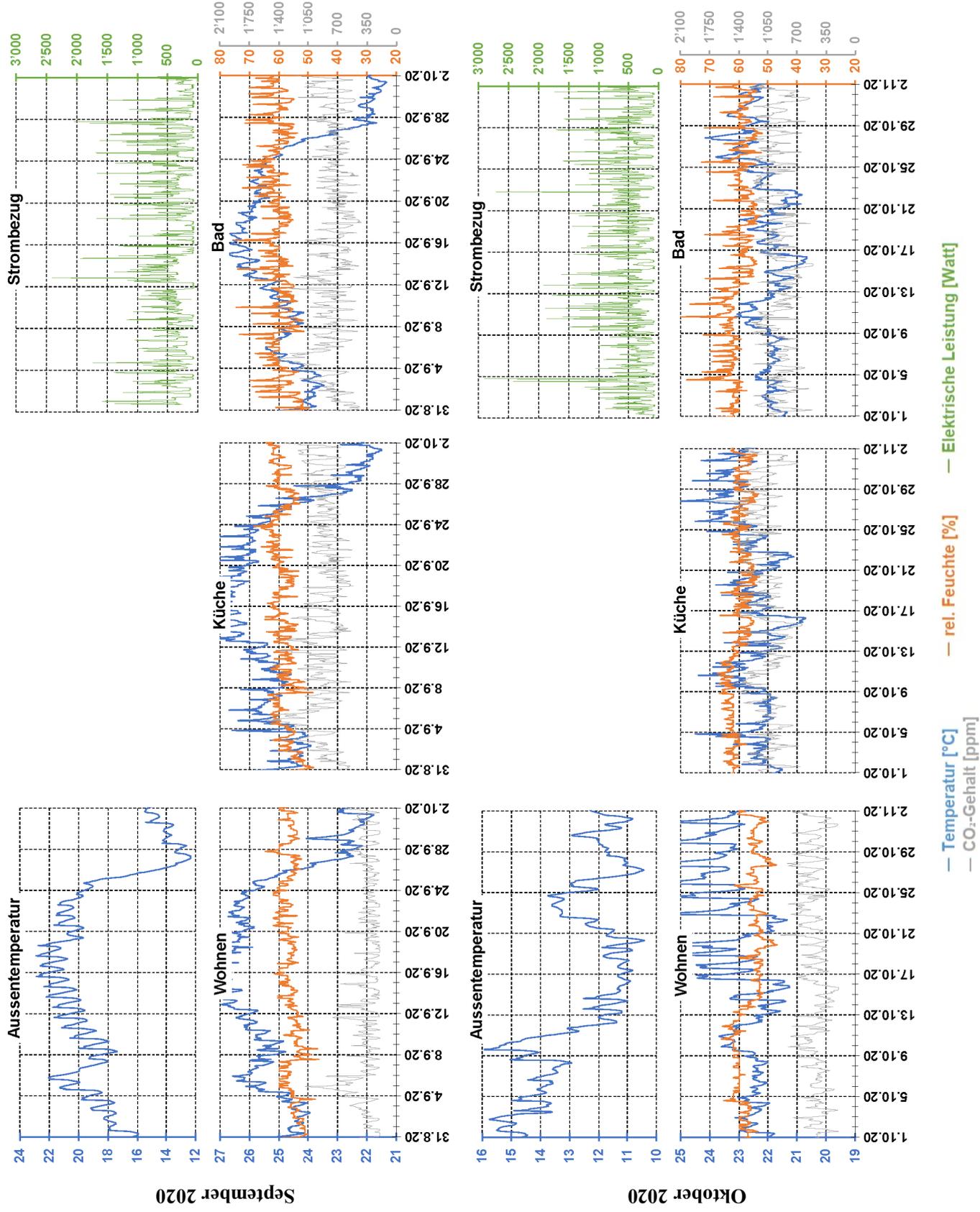


— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

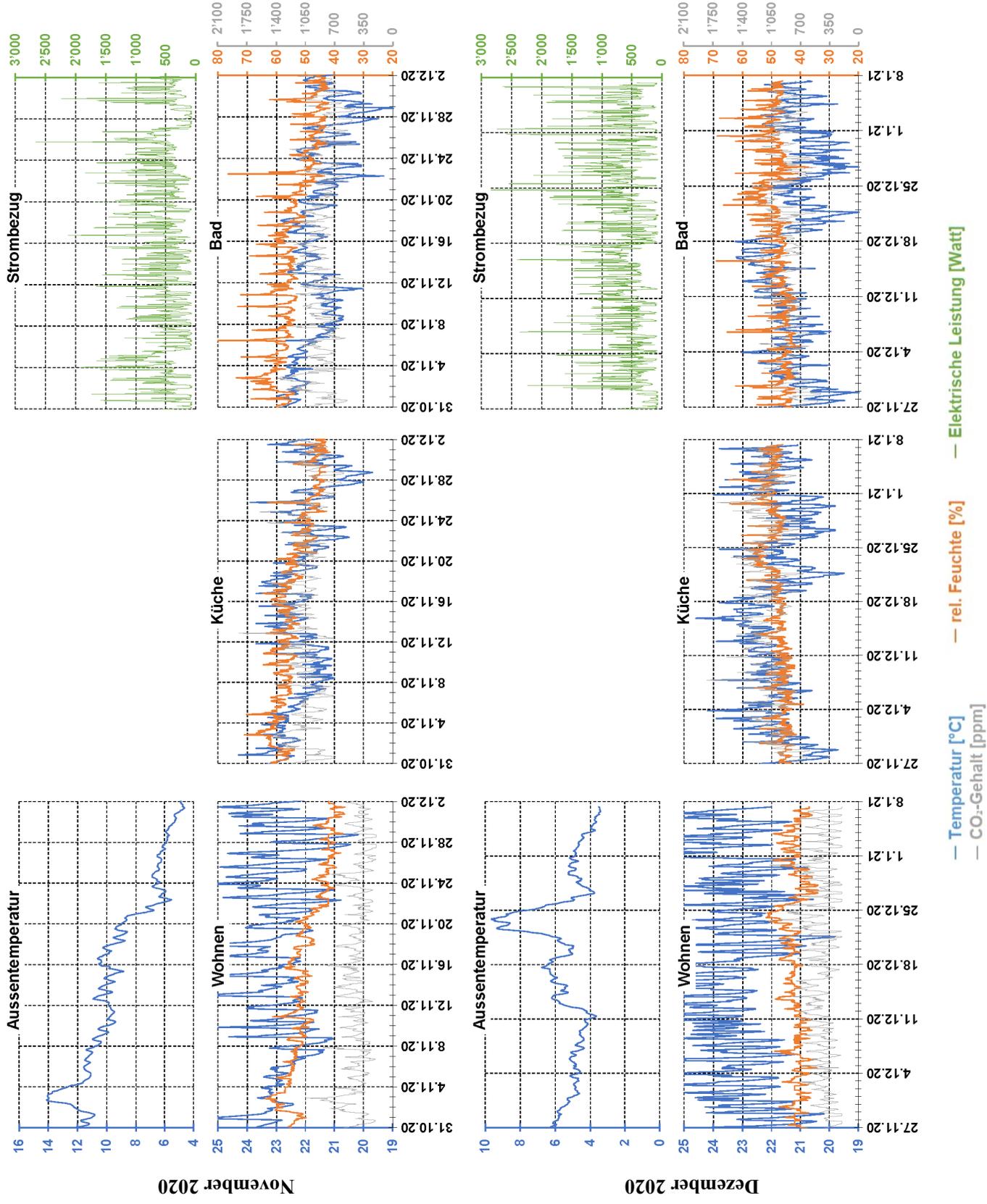
— rel. Feuchte [%]

— Elektrische Leistung [Watt]

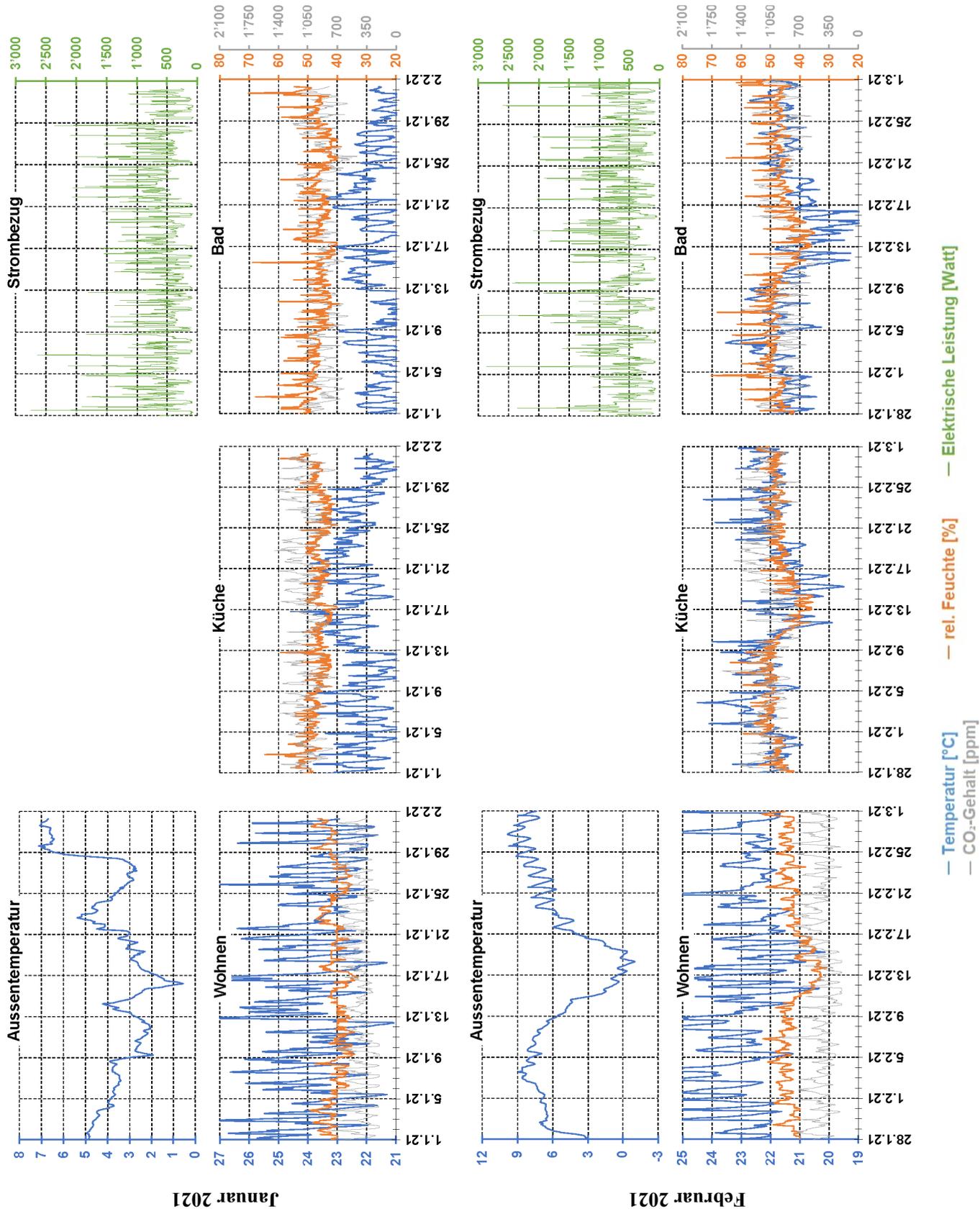
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



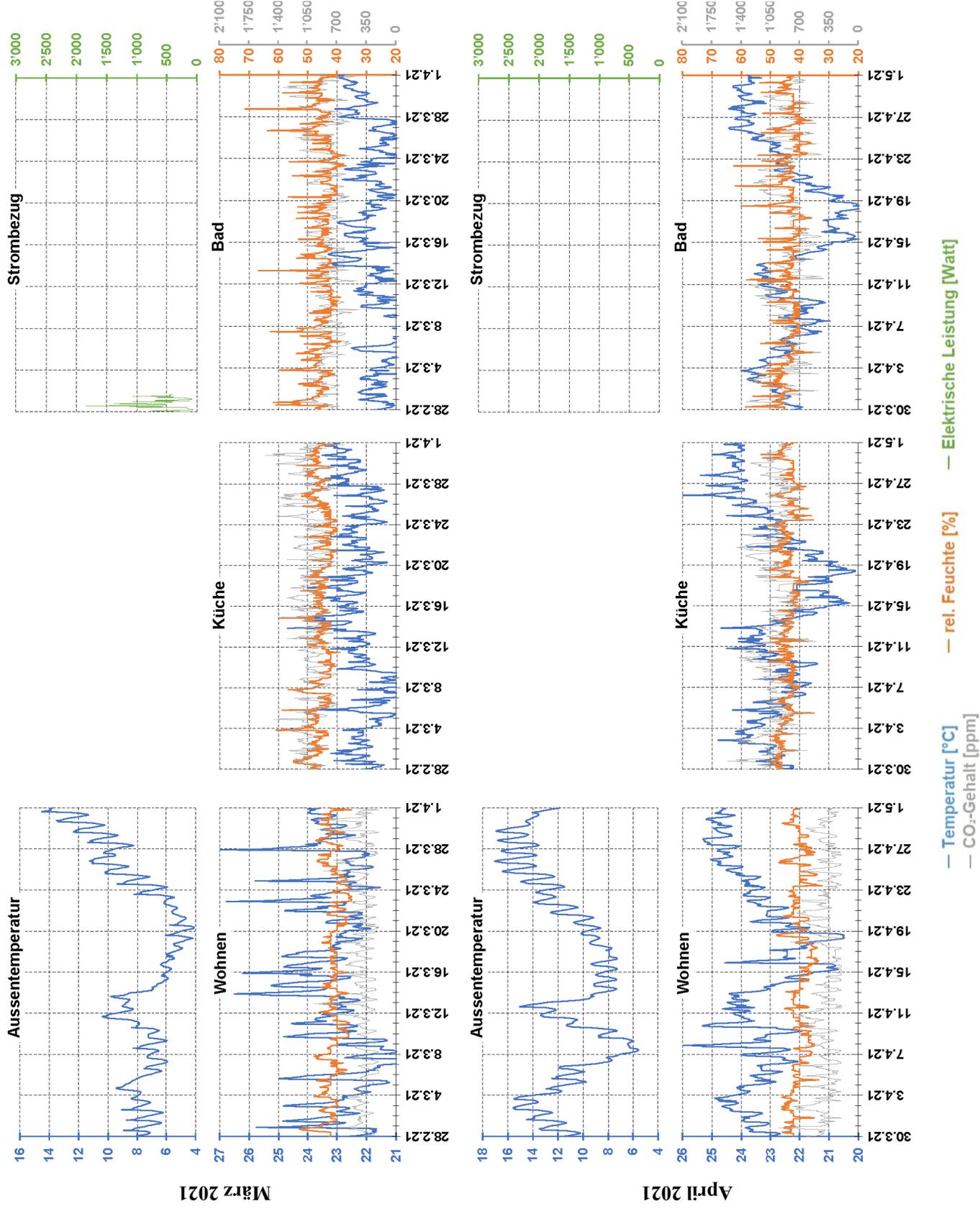
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



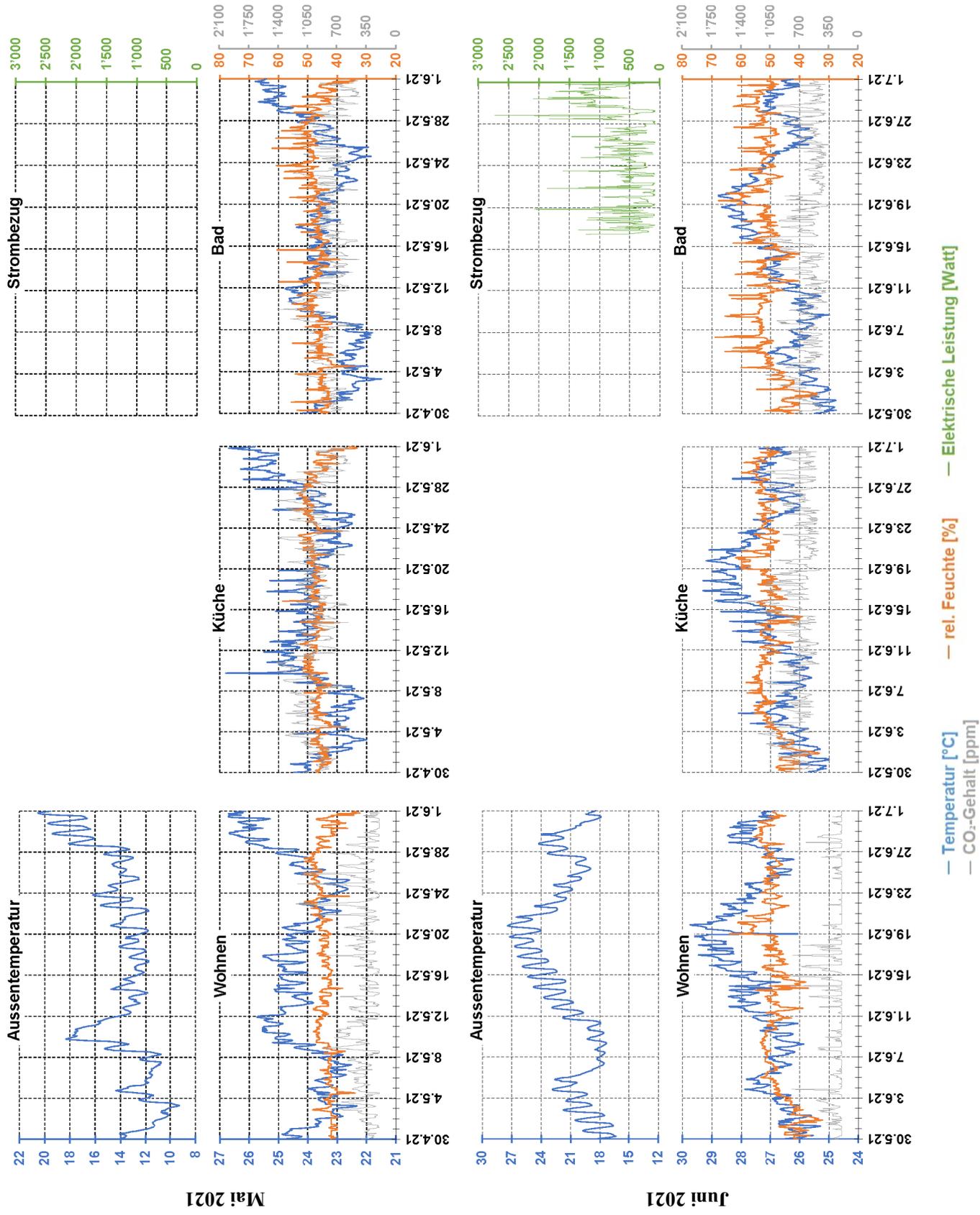
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



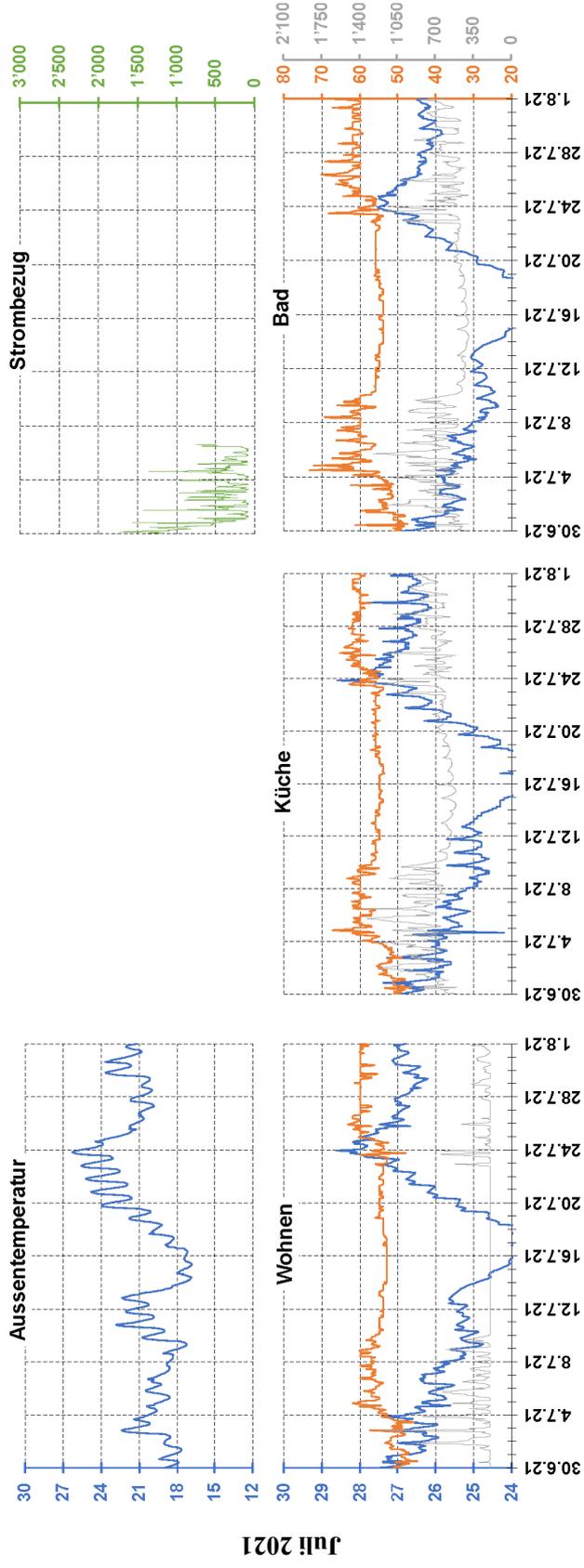
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



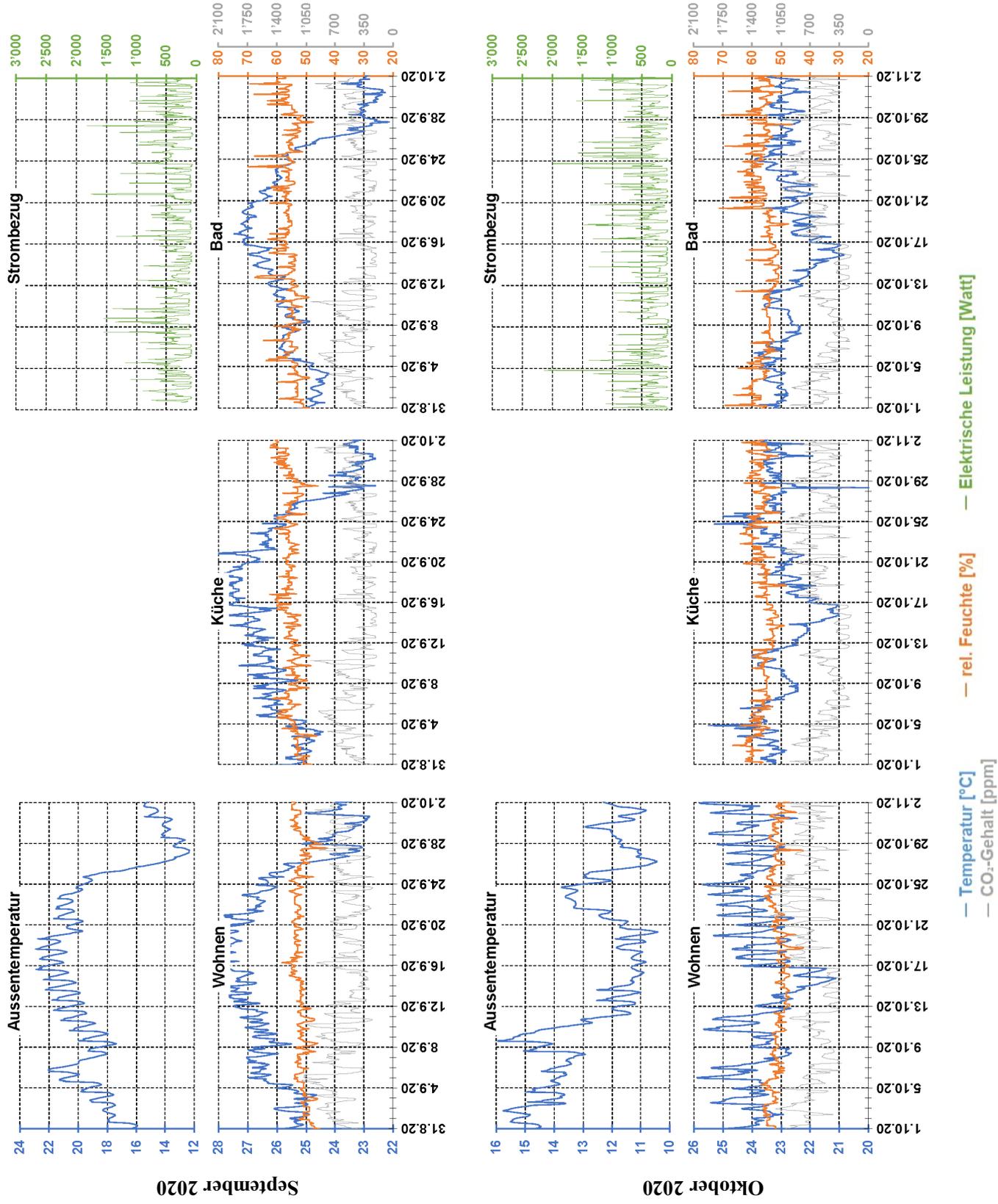
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



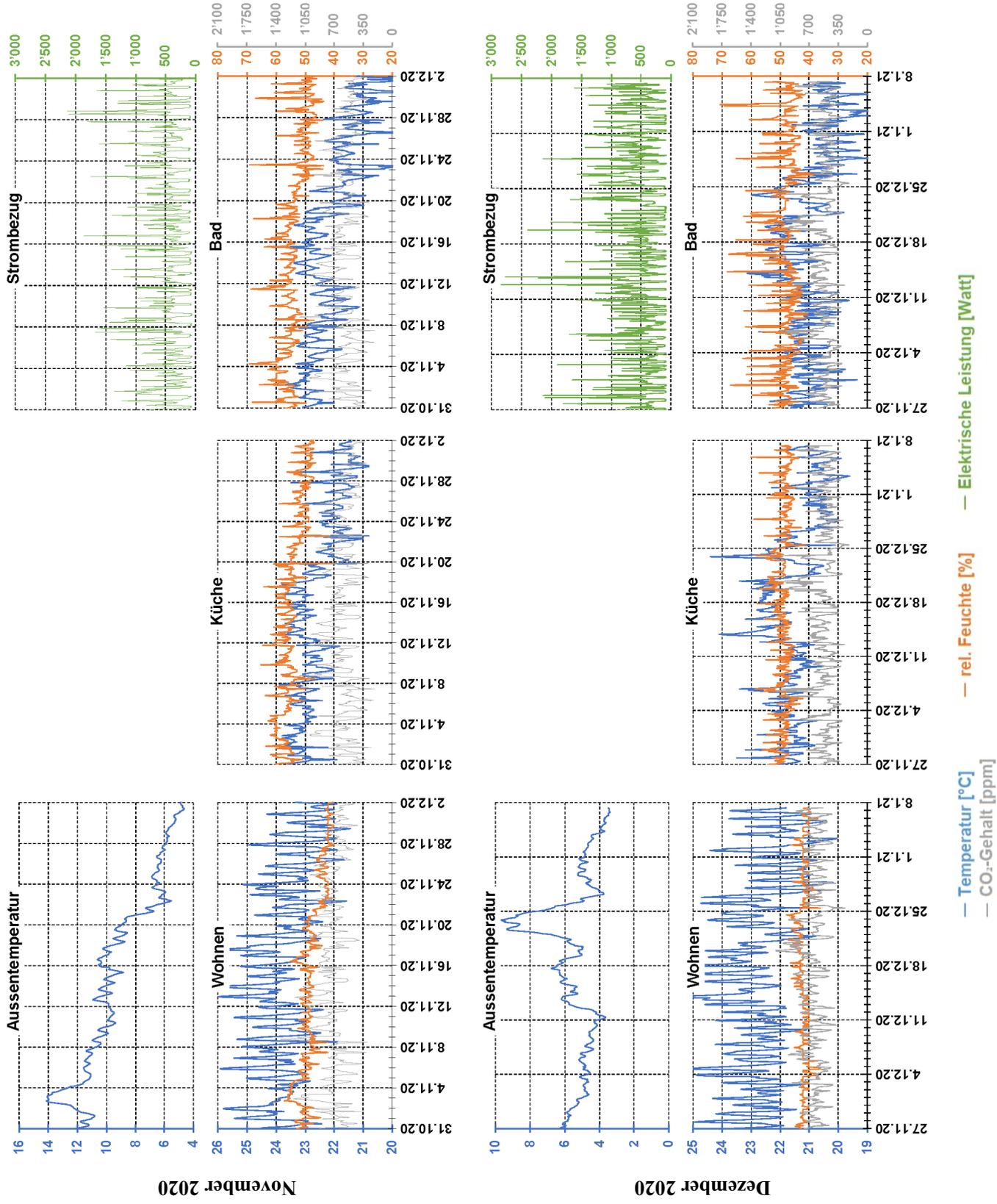
2. Obergeschoss (Wohnnutzung)



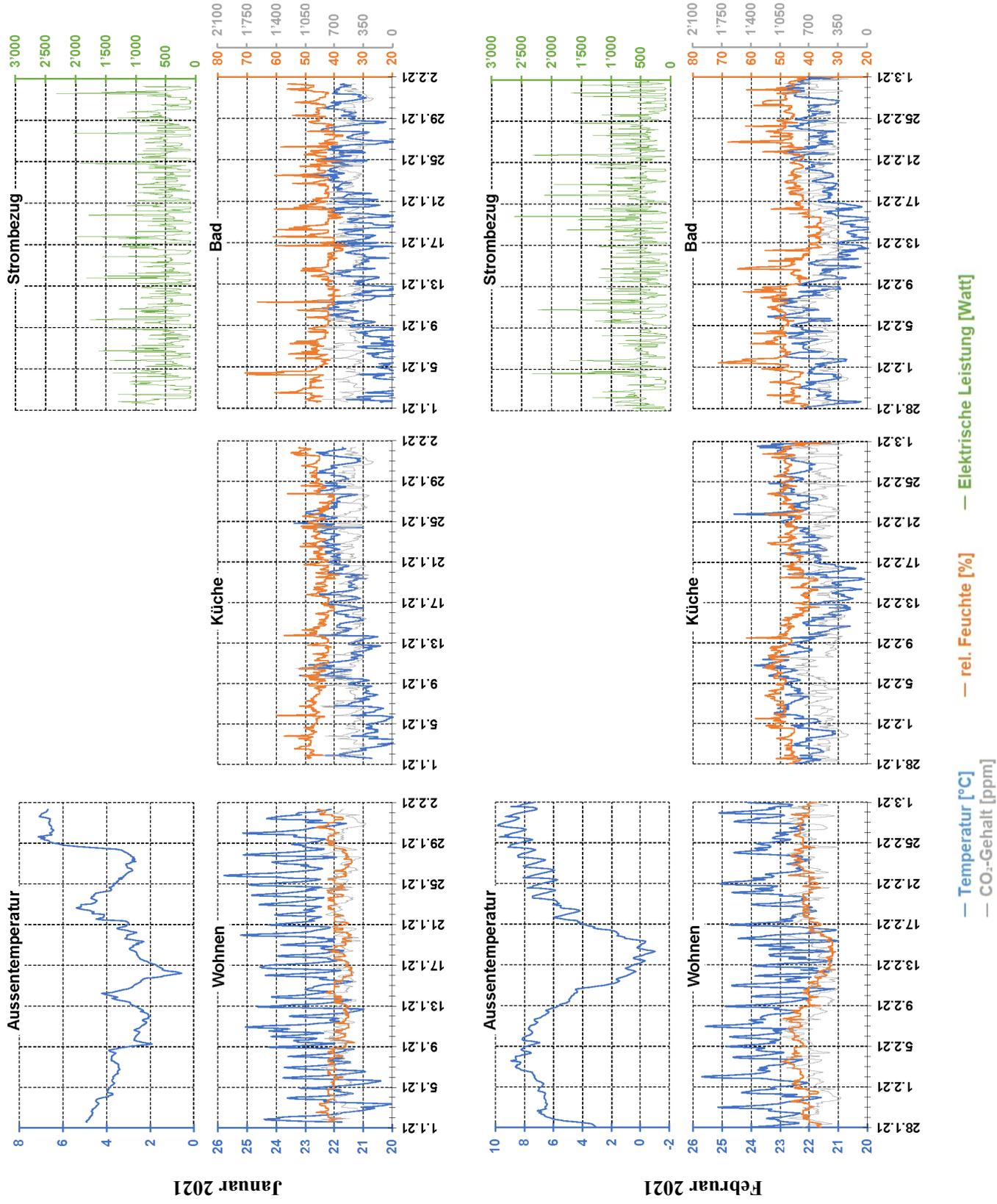
3. Obergeschoss (Wohnnutzung)



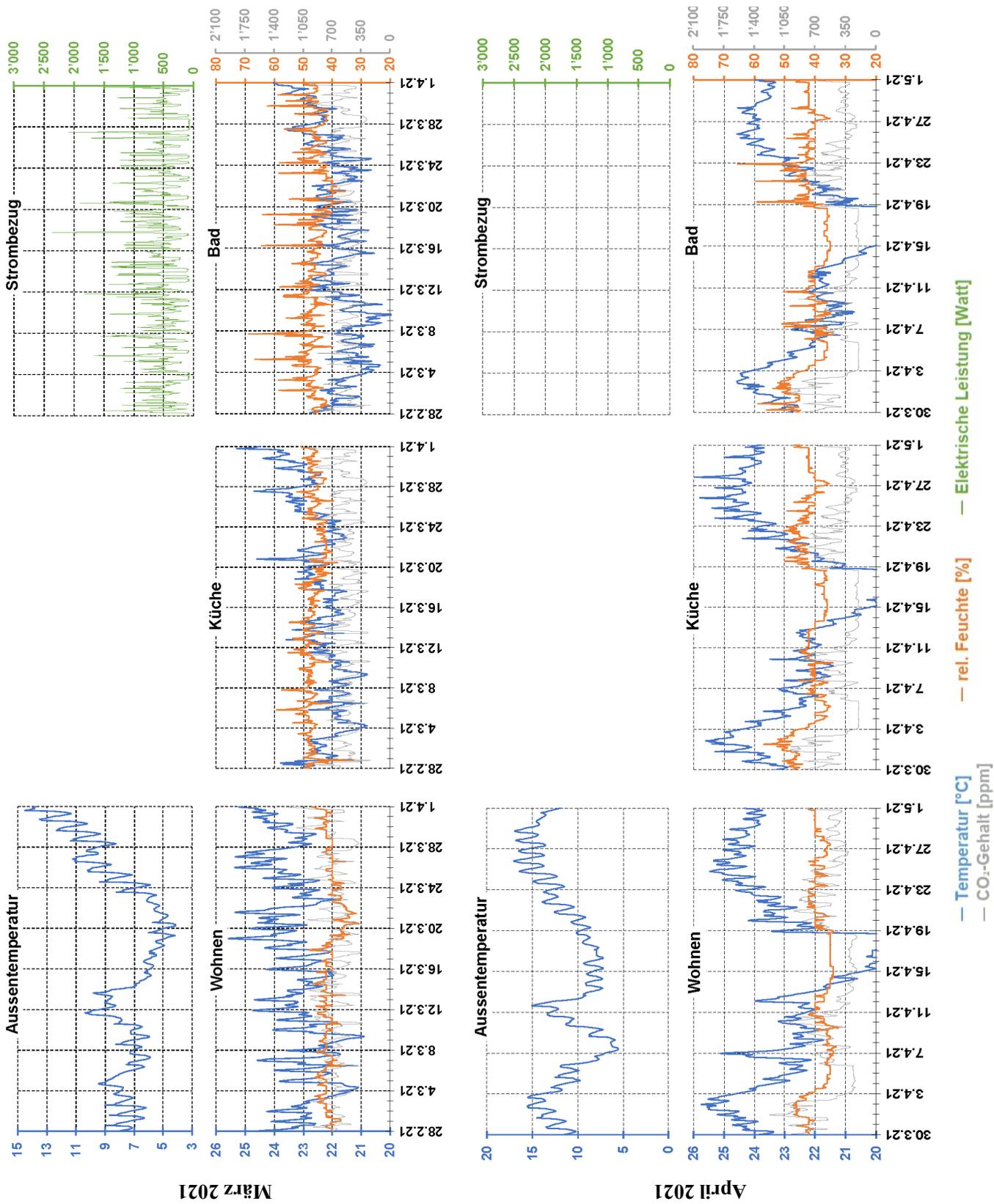
3. Obergeschoss (Wohnnutzung)



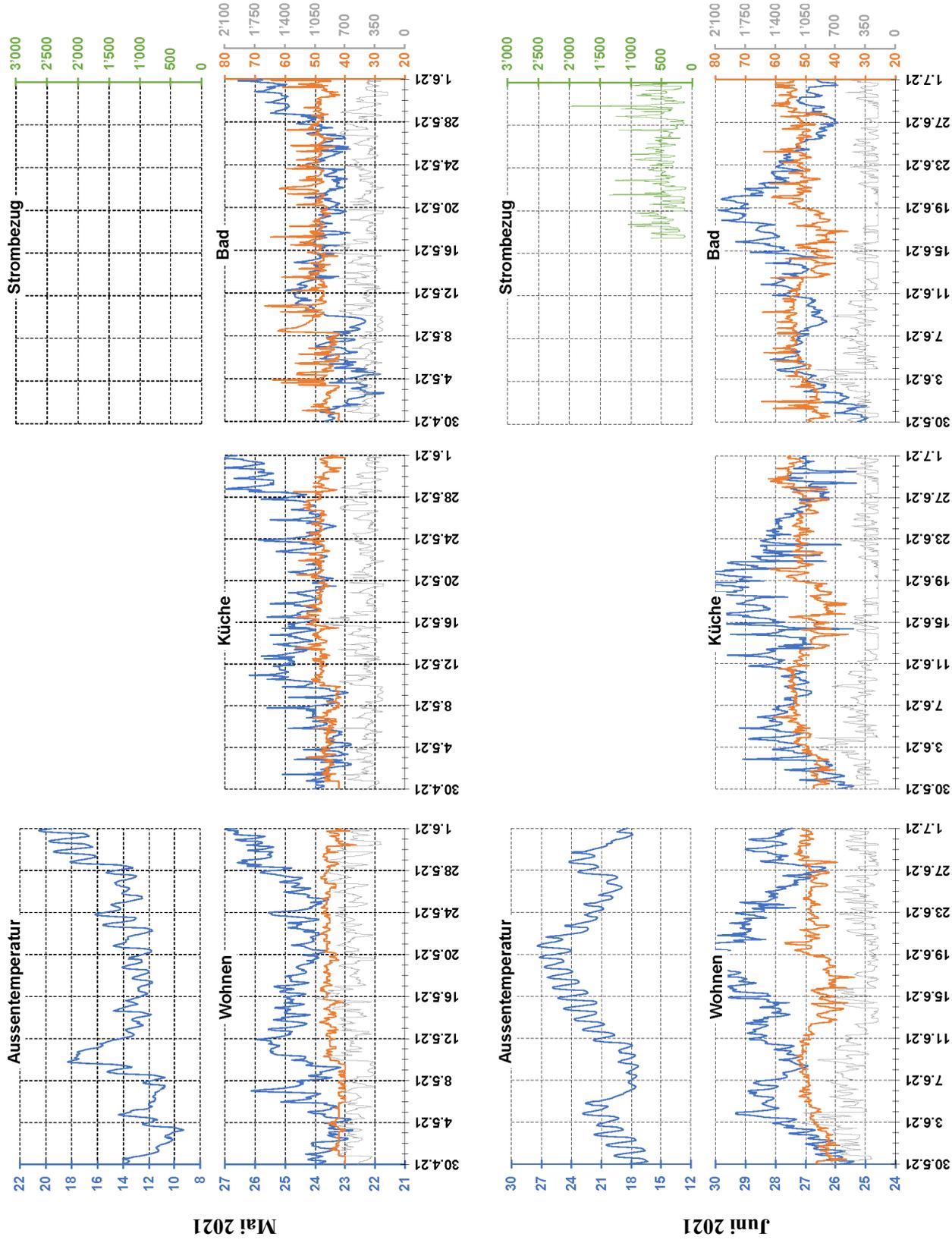
3. Obergeschoss (Wohnnutzung)



3. Obergeschoss (Wohnnutzung)



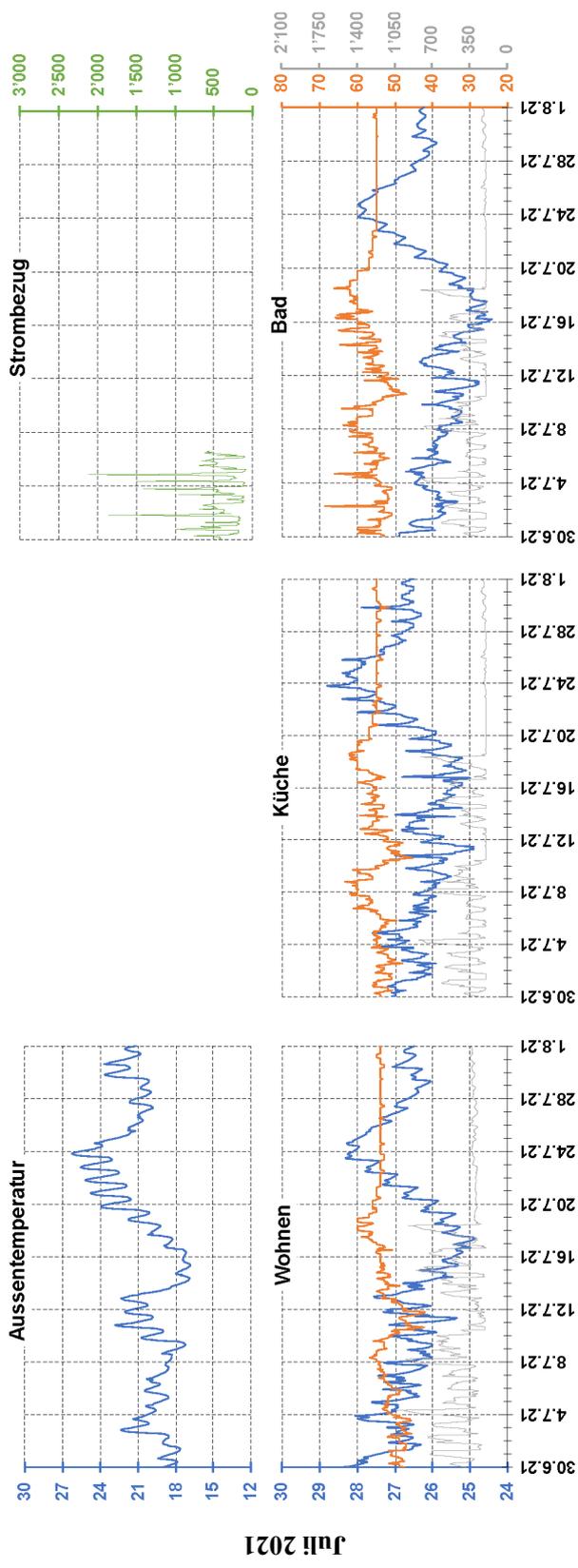
3. Obergeschoss (Wohnnutzung)



Mai 2021

Juni 2021

3. Obergeschoss (Wohnnutzung)

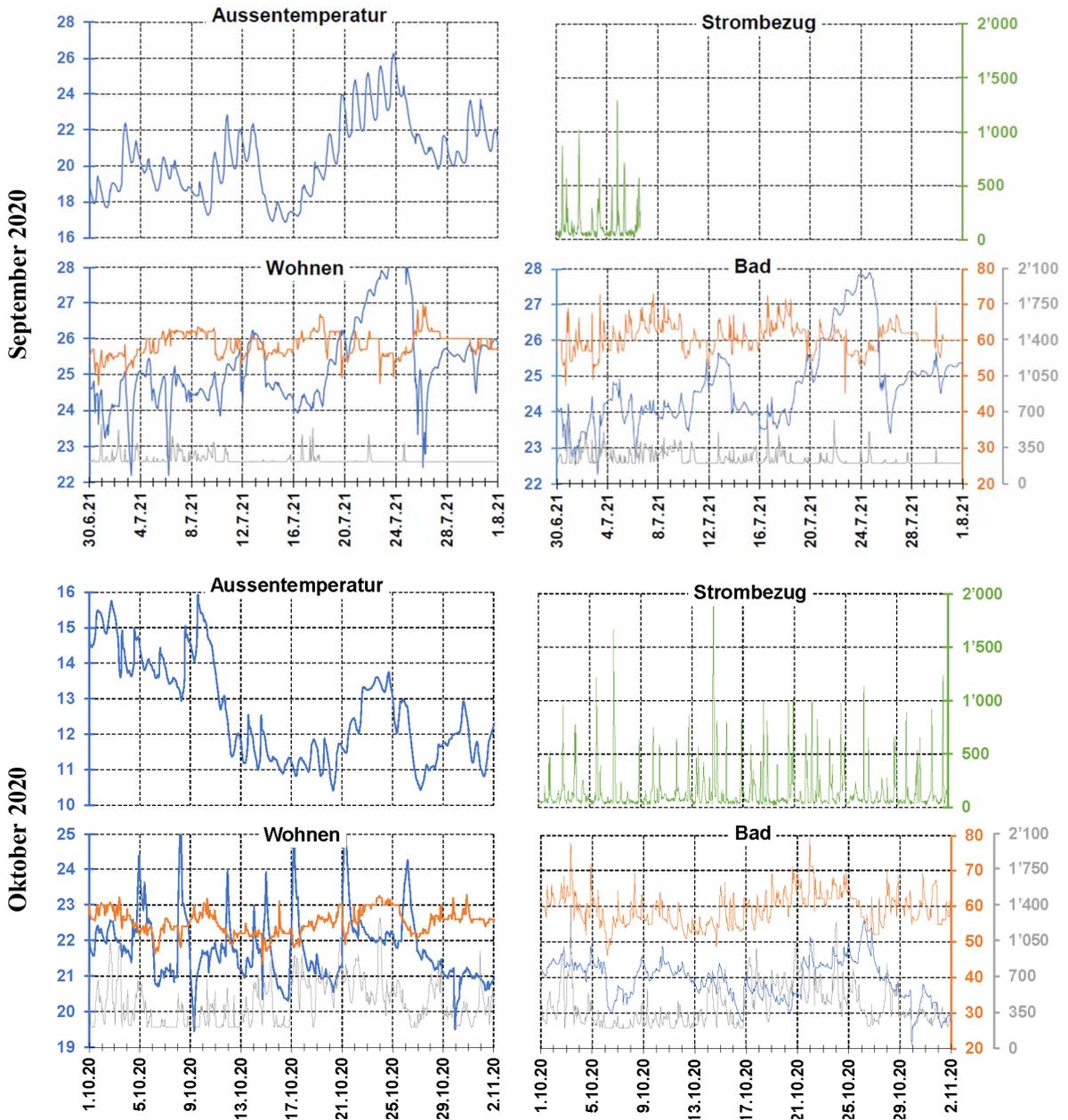


— Temperatur [°C]
— CO₂-Gehalt [ppm]

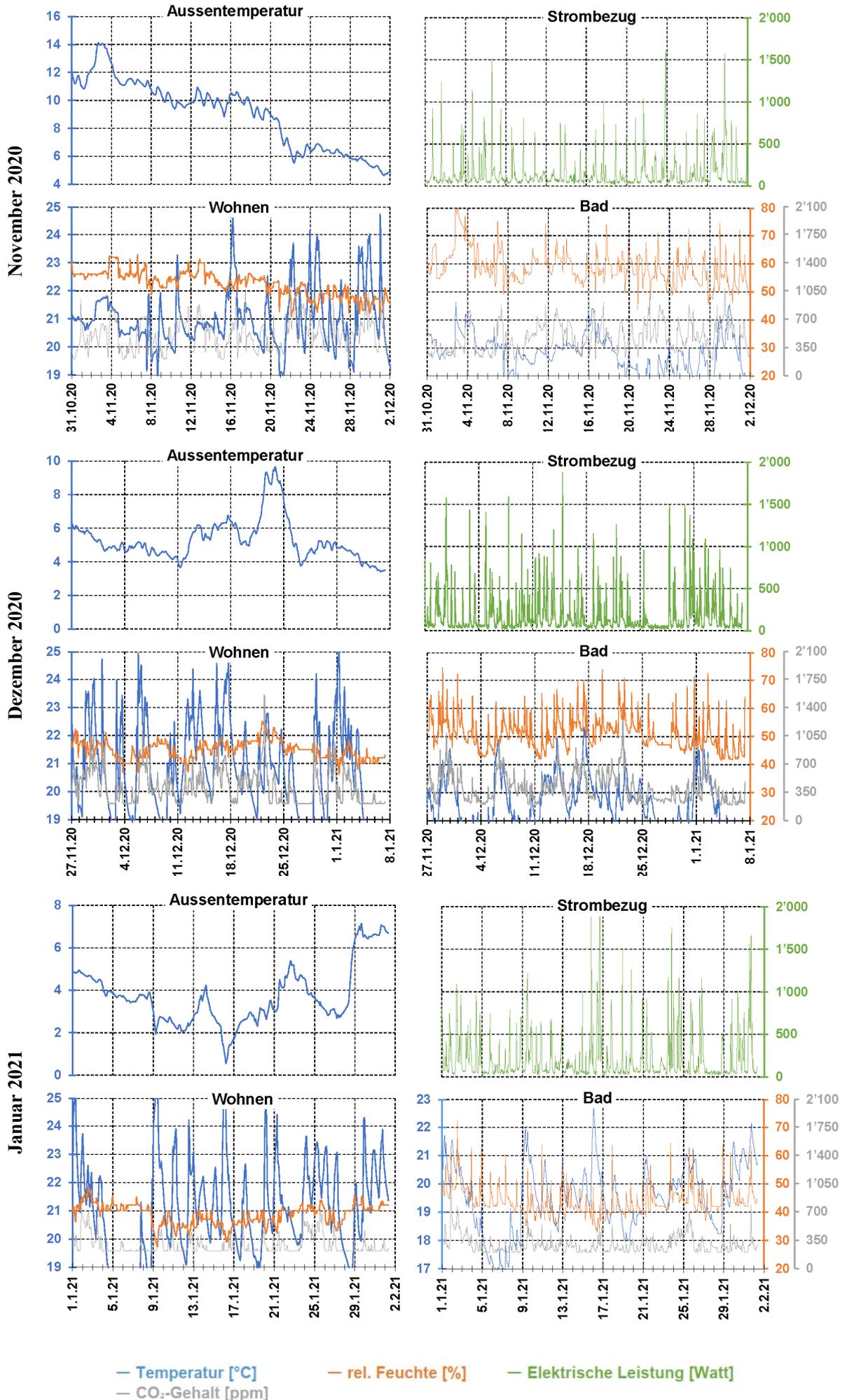
— rel. Feuchte [%]

— Elektrische Leistung [Watt]

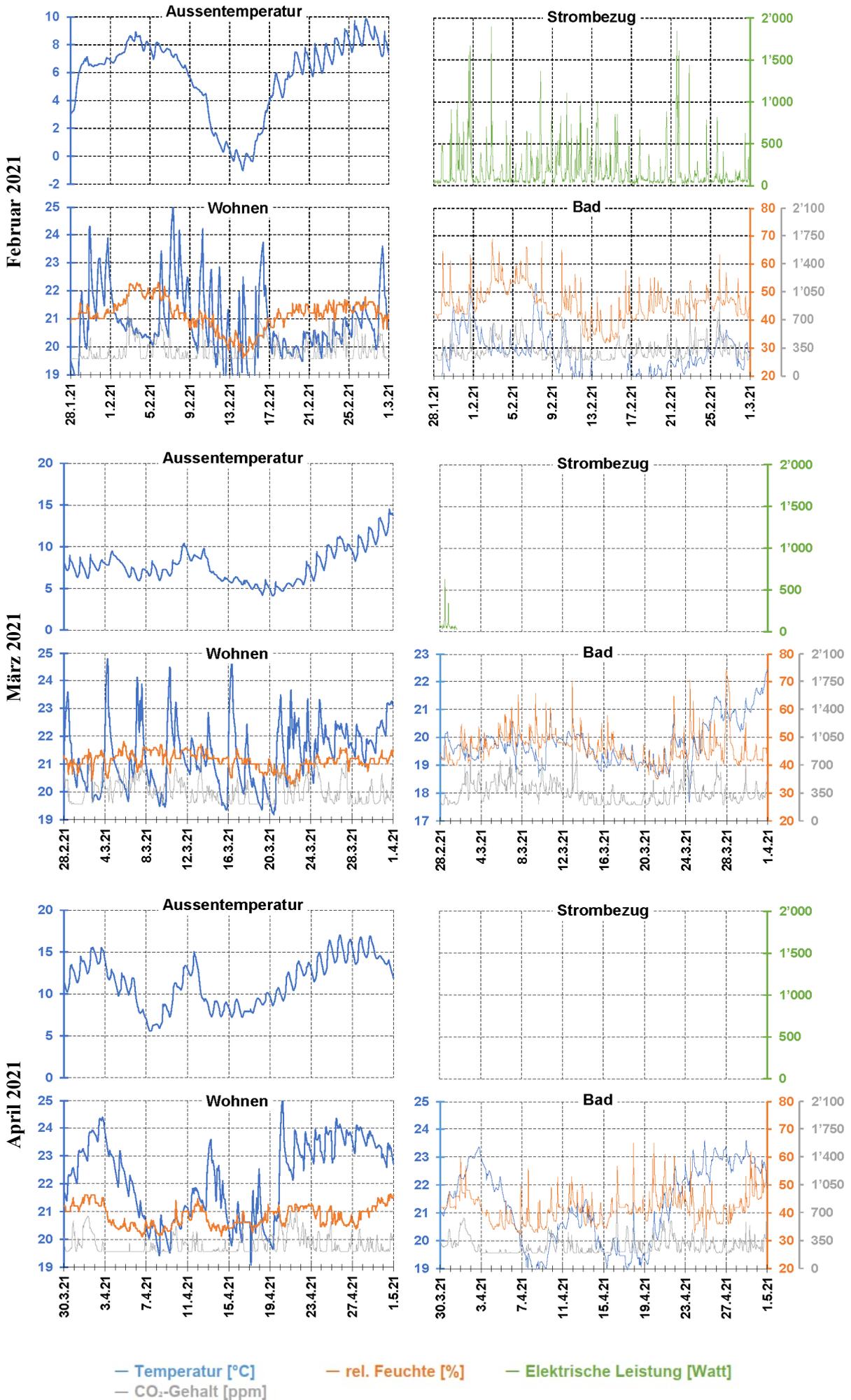
4. Obergeschoss (Wohnnutzung)



4. Obergeschoss (Wohnnutzung)



4. Obergeschoss (Wohnnutzung)



4. Obergeschoss (Wohnnutzung)

