

Untersuchung über Schimmelpilze und außenseitige Wärmedämmung des Betonbaus bei Krankenhäusern

Tatsuaki Tanaka und Fumika Kobayashi

Eine außenseitige Wärmedämmung des Betonbaus zeichnet sich durch folgende Vorteile aus:

1. Die an der Außenseite des Gebäudes angebrachte Wärmedämmung wirkt wie eine „Kleidung“ über dem Baukörper, wodurch das Gebäude von Schwankungen der Außentemperatur und Sonneneinstrahlung geschützt wird. Der Baukörper bekommt dadurch seltener Risse.
2. Die gespeicherte Wärme des Betons wird an den Innenraum übertragen, so dass eine sofortige Abkühlung des Raums nicht stattfindet, auch wenn die Heizung während der Regelung abgeschaltet wird. Ebenso steigt im Sommer beim Abschalten der Kühlung die Innentemperatur nicht plötzlich an. Es ist also sehr behaglich im Raum.
3. Eine Kondensation in der Wand kommt nicht vor, weil der Wasserdampf ohne Behinderung nach Außen diffundieren kann. Es kommt auch nicht zur Schimmelpilz- oder Zeckenvermehrung, welche sich von Schimmelpilzen ernähren.

4. An bestehenden Gebäuden kann außenseitige Wärmedämmung leichter nachträglich angebracht werden. In extremen Fällen kann man die Betonwand ohne Beschichtung lassen, so dass von verdunstenden Chemikalien aus, Klebstoff oder Farbanstrich verschont werden kann.

In Europa wird bei vielen Gebäuden außenseitige Wärmedämmung angewandt, während sie in Japan eine Ausnahme ist.

1. Wärmedämmung der Krankenhäuser

Es gibt wohl kaum ein Gebäude oder einen Raum ohne Schimmelpilze, es sei denn, es ist ein Reinraum.



Bild 1. T-Krankenhaus in Chiba mit außenseitiger Wärmedämmung.

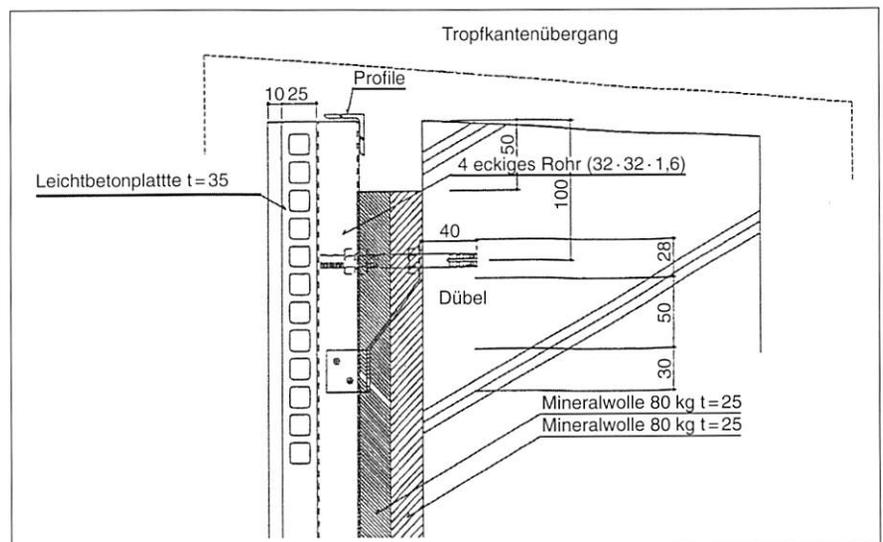


Bild 2. Schnitt der Außenwand.

Krankenhäuser bilden keine Ausnahme. Der Einfluss der Schimmelpilze auf den menschlichen Körper ist sehr unterschiedlich. Man spricht von opportunistischen Infektionen; wie beim Heuschnupfen gibt es sowohl Leute, die darunter leiden, als auch solche, die nichts davon spüren. In Krankenhäusern jedoch, die Einrichtungen für abwehrschwächte Menschen sind, kann Schimmelpilzwuchs natürlich nicht hingenommen werden. Im folgenden berichten wir über die Untersuchung der Anzahl und Arten der Schimmelpilze und Bakterien im T-Krankenhaus in der Präfektur-Chiba, wo am westlichen Gebäudeteil eine außenliegende Wärmedämmung ausgebracht wurde, wogegen der östliche Teil ohne Wärmedämmung blieb, und

im O-Krankenhaus der Präfektur Nagano, dessen westlicher Gebäudeteil mit einer außenseitigen Wärmedämmung ausgestattet wurde.

2. T-Krankenhaus in Chiba

Stahlbetonbau, viergeschossig
Gebäudefläche: 1613,29 m²
Gesamtwohnfläche: 4308,51 m²
Bettzahl: 166

Im Jahre 2001 wurde eine außenseitige Wärmedämmung an bestehende Krankenhausgebäude angebracht. Das Aussehen des T-Krankenhauses zeigt Bild 1.

2.1 Anbringung der außenliegenden Wärmedämmung

Für die Wärmedämmung der bestehenden Außenwand aus Stahlbeton wurden zwei Schichten von 25 mm dicken Steinwolle-Platten aufeinander geklebt, so dass eine insgesamt 50 mm dicke Wärmedämmschicht mit Hinterlüftung entstand. Die Hinterlüftungsbreite beträgt 32 mm. Die Schlussbeschichtung erfolgte mit stranggepressten Betonplatten und Fliesen, die Dicke beträgt 35 mm. Dieser Aufbau wird in Bild 2

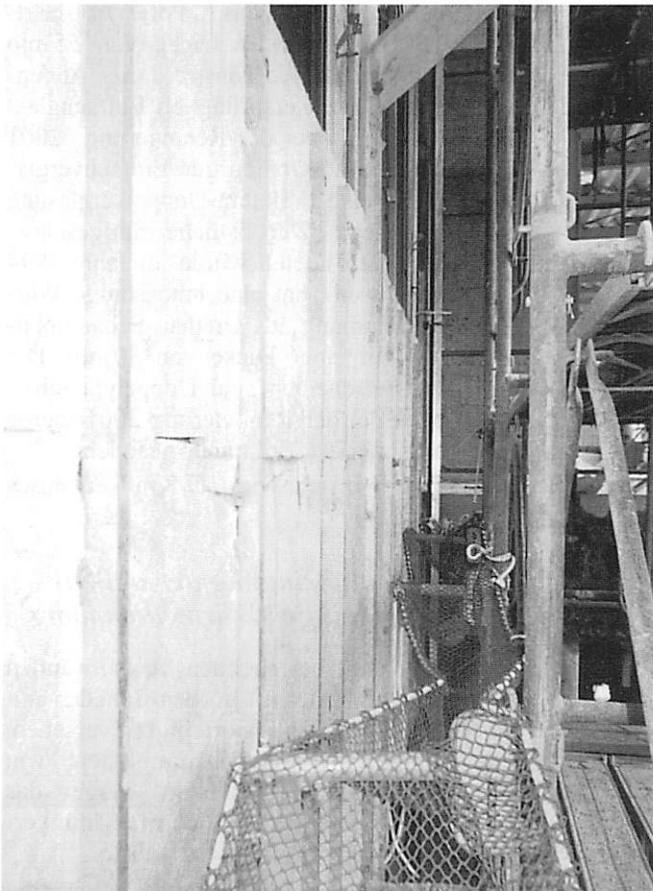


Bild 3. Befestigung der außenseitigen Wärmedämmung.

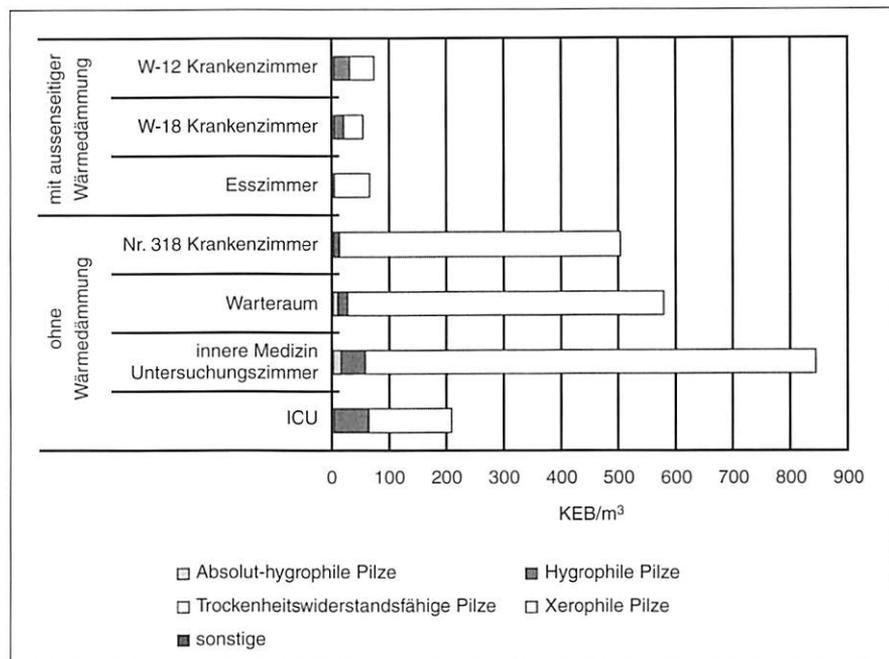


Bild 4. Anzahl der in der Luft schwebenden Schimmelpilze (PDA).

gezeigt. Um diese Hinterlüftungsschicht anzubringen wurde ein Vierkantstahlrohr 32 mm x 32 mm, mit 1,6 mm Wanddicke benutzt. Die Befestigung der außenseitigen Wärmedämmung zeigt Bild 3.

2.2 Messungen von Schimmelpilzen und Bakterien

Es wurden drei Messungen durchgeführt, am 22. August, 13. Oktober und 21. Dezember 2001. Mit einem *Assmann*-Ansaugfeuchtemesser wurden in jedem Raum die Raumtemperatur und Feuchtigkeit gemessen. Die in der Luft schwebenden, fallenden und anhaftenden Schimmelpilze und Bakterien wurden gleichzeitig untersucht.

Dabei wurden die in der Luft schwebenden Pilze und Bakterien mit MAS-(*Merck*) und RCS-Luftprobensammlern (*Biotest*) erfasst. Für den MAS-Luftprobensammler wurden PDA-Nährboden (für Schimmelpilze), M40Y-Nährboden (für Schimmelpilze) und NA-Nährboden (für allgemeine Bakterien) benutzt, das angesaugte Luftvolumen betrug 320 Liter, und die Messung wurde in der Mitte jeden Zimmers ausgeführt. Die Nährböden wurden im Laboratorium der Verfasser hergestellt. Mit jedem Nährboden wurde die Messung dreimal wiederholt.

Für den RCS-Luftprobensammler hat man Agarstreifen von *Biotest* für Hefepilze und allgemeine Bakterien benutzt, das angesaugte Luftvolumen betrug 320 Liter, und die Messung fand in der Mitte jeden Zimmers statt. Mit jedem Agarstreifen wurde die Messung dreimal wiederholt. Für die in der Luft anfallenden Schimmelpilze und Bakterien hat man die Schale des PDA-Nährbodens und die des M40Y-Nährbodens, beide im Labor des Verfassers hergestellt, 30 Minuten lang offengelassen, verschlossen und in das Labor zurückgenommen. Nachdem bei 25 °C sieben Tage lang kultiviert wurde, identifiziert und gezählt. Die Messung erfolgte an den vier Ecken in jedem Zimmer. Für die anhaftenden Schimmelpilze und Bakterien wurde Sabu-

ro-Agar eingesetzt, der an der zu untersuchenden Entnahmestelle aufgelegt und leicht angedrückt wurde.

2.3 Ergebnisse

Im Bild 4 wird die Anzahl der in der Luft schwebenden Schimmelpilze und Bakterien im wärmegeprägten Gebäude-

teil und im Gebäudeteil ohne Wärmedämmung gegenübergestellt. Die Anteile der Arten der in der Luft anfallenden Pilze und Bakterien sind im Bild 5 zusammengestellt. Bild 6 zeigt die anteilmäßige Darstellung der Arten der Mikroben nach ihren Eigenschaften. In jedem Zimmer ist der Anteil der Cladosporien am größten. Wie aus Bild 4 und 5 ersichtlich, ist die Anzahl der Schimmelpilze im Gebäudeteil mit Wärme-

dämmung deutlich kleiner, als im Gebäudeteil ohne Wärmedämmung. Diese Tendenz wurde nicht nur im T-Krankenhaus, sondern auch im O-Krankenhaus in der Präfektur Nagano beobachtet.

2.4 O-Krankenhaus in Präfektur Nagano

Stahlbetonbau, fünfgeschossig
 Gebäudefläche: 5021,79 m²
 Gesamtwohnfläche: 16418,68 m²
 Bettenzahl: 284 Betten

Auf der sehr gealterten Außenwand des westlichen Gebäudeteils wurde eine außenliegende Wärmedämmung angebracht. Die Renovierung begann am 19. August 2001 und dauerte bis 18. Januar 2002. Dieser westliche Gebäudeteil wurde im Jahre 1971 gebaut, damals jedoch ohne Wärmedämmung. Bei der Außenwandrenovierung 2001 wurde eine außenseitige Wärmedämmung mit Dämmplatten aus Polystyrol-Hartschaum mit einer Dicke von 55 mm angebracht. Die Fenster dieser Außenwand hatten ursprünglich Einfachglas-scheiben, bei der Renovierung 2001 hat man zusätzlich zur Einfachverglasung eine Vakuum-Doppelverglasung eingesetzt. Der östliche fünfgescho-sige Gebäudeteil wurde im Jahre 1994 gebaut und hat eine innenseitige Wärme-dämmung aus Urethan-Schaumplat-ten mit einer Dicke von 30 mm. Die Fensterscheiben sind Doppelglasschei-ben. Bei der Renovierung 2001 wurde am östlichen Teil nichts geändert.

Eine Ansicht des O-Krankenhauses Bild 7.

2.5 Anbringung der außen-seitigen Wärmedämmung

Bei den bestehenden Außenwänden wurden Teile mit großen Schäden mit einem neuen Mörtelputz versehen. Darauf wurden Dämmplatten von 55 mm Dicke befestigt, wobei das sogenannte WDVS(Wärmedämmver-bundsystem) eingesetzt wurde.

Die Renovierungsarbeiten zeigen die Bilder 8 bis 10.

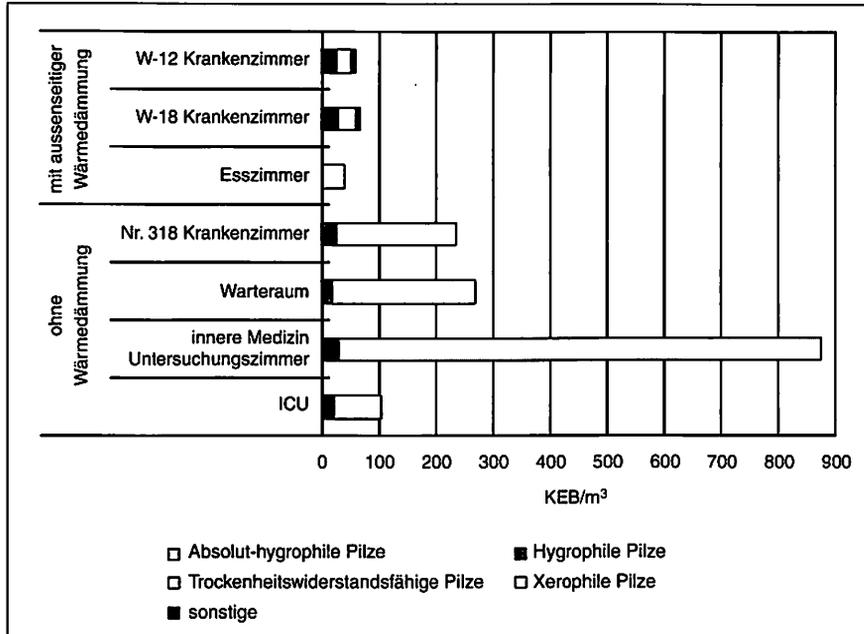
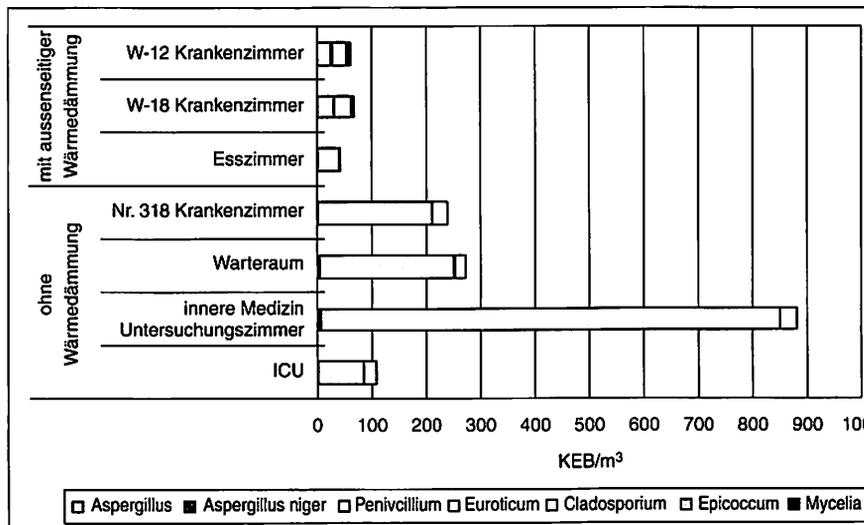


Bild 5. Anzahl der in der Luft schwebenden Schimmelpilze (M40Y).



	ohne Wärmedämmung				mit aussenseitiger Wärmedämmung		
	ICU	innere Medizin Untersuchungszimmer	Warte-raum	Nr. 318 Kranken-zimmer	Ess-zimmer	W-18 Kranken-zimmer	W-12 Kranken-zimmer
Aspergillus	0	0	0	0	0	1	0
Aspergillus niger	0	7	3	0	0	0	0
Penicillium	84	841	247	210	39	30	24
Eurotium	0	0	1	0	0	1	3
Cladosporium	22	31	20	28	3	30	26
Epicoccum	0	0	0	0	0	0	2
Mycelia	0	0	0	0	0	6	6

Bild 6. Anteile der Arten der Pilze nach ihren Eigenschaften (M40Y).



Bild 7. O-Krankenhaus in Nagano.



Bild 9. Das Armierungsgewebe in die mit Klebemörtel vollständig geputzte und eingebettete Wandfläche, dient zum Verfestigen der Platten.

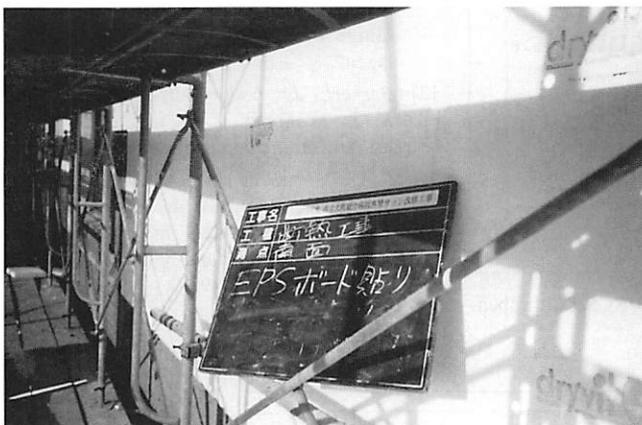


Bild 8. Befestigung der Hartschaumplatten mit Klebemörtel.

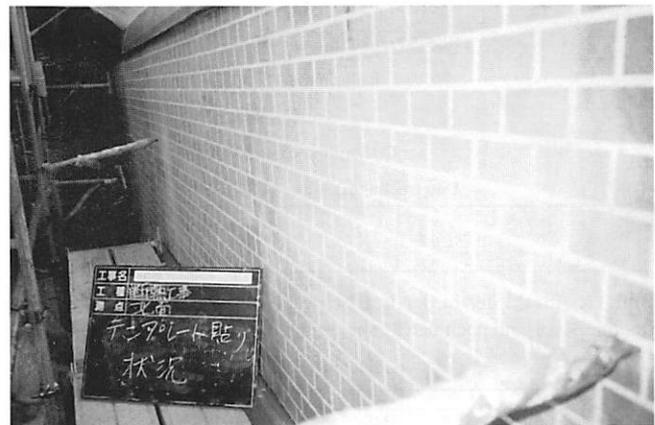


Bild 10. Verlegen der Flachverblender.

2.6 Messungen der Schimmelpilze

Im O-Krankenhaus wurden am Jahreswechsel 2001/2002 ebenfalls Untersuchungen der Schimmelpilze durchgeführt, analog zu den Untersuchungen im T-Krankenhaus in der Präfektur Chiba.

2.7 Ergebnisse

Bild 11 stellt die Anzahl und Arten der in der Luft schwebenden Pilze und Bakterien mit Hilfe des RCS-Luftprobensammlers im westlichen und östlichen Gebäudeteil gegenüber, Bild 12 die Ergebnisse vom PDA-Nährboden und M40Y-Nährboden. Beide Proben wurden mit dem MAS-Luftprobensammler genommen. Es ist ersichtlich, dass die Anzahl der Schimmelpilze und Bakterien nach der Renovierung abnahm. Nachdem die Außenwand mit einer außenliegenden Wärmedämmung versehen worden ist, ist der Anteil an hygrophilen Schimmelpilzen zurückgegangen, der vor der Renovierung dominierend groß war. Die meisten Pilzarten sind jetzt trockenbeständig und absolut hygrophil. Zur Beurteilung der Anzahl (viel oder wenig) wurden europäische Richtlinien herangezogen. Diese Richtlinien sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Am 6. Januar 2002, spät nachmittags wurde mit der Thermo-Kamera die Oberflächentemperaturen der Außenwände, des westlichen und östlichen Gebäudeteils gemessen.

Am westlichen Gebäudeteil, mit außenliegender Wärmedämmung, entsprach die Oberflächentemperatur der Außenwand mit 0°C in etwa der Außenlufttemperatur, wogegen am östlichen Gebäudeteil ohne Wärmedämmung die Oberflächentemperatur der Außenwand etwa 7°C betrug. Womit deutlich wird, dass hier ein großer Teil der Wärme aus dem Innenraum nach außen übertragen wird. Nachdem durch die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls die Verringerung der CO₂-Emmission dringend gefordert wird, ist eine Energieeinsparung unbedingt erforderlich. Dafür ist die Wärmedämmung eine sehr effiziente und überzeugende Methode. Wärmedämmung in kalten Gebieten hat eine große Bedeutung, besonders in Japan, wo die Entwicklung auf diesem Gebiet in Rückstand geraten ist.

Tabelle 1. Orientierungswerte für Luftkeimbelastungen des Innenraums, nach: Biological Particles in Indoor Environments, 1993. Indoor Air Quality & Its Impact On Man. European collaborative action. Report No. 12. Commission of the European Communities. Indoor Pollution Unit. Ispra, Italy.

Kategorie	Bakterien(KBE/m ³)	Pilze (KBE/m ³)
sehr niedrig	< 50	< 25
niedrig	< 100	< 100
mittel	< 500	< 500
hoch	< 2000	< 2000
sehr hoch	≥ 2000	≥ 2000

3. Schluss

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass durch außenseitige Wärmedämmung die Anzahl der Schimmelpilze verringert wird. Die Untersuchung wurde jedoch nur im Winter gemacht, wo die Wirkung der außenseitigen Wärme-

dämmung am deutlichsten zum Tragen kommt. Die Autoren wollen die Untersuchung weiterführen, und unter Einbeziehung der Ergebnisse von Übergangszeiten und Sommer eine Schlussfolgerung ziehen.

Danksagungen

Den Leitern des T-Krankenhauses und des O-Krankenhauses sowie allen, die uns bei den Messungen freundlicherweise geholfen haben, möchte ich herzlich danken.

Ich möchte auch mit Dank hervorheben, dass diese Untersuchung mit öffentlichen Mitteln für die Förderung wissenschaftlicher Untersuchungen getragen wurde.

Literatur

- [1] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Tagungsbericht „Biologische Arbeitsstoffe – Vielfältige Tätigkeiten und neue Rechtsgrundlagen“.
- [2] Beckert, J.; Esdorn, H.; Gundermann, K.O.; Kraupner, K.-W. und Schmidt, P.: Beuth-Kommentare, Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern.
- [3] Scheer, F.A.: Einfluss der Turbulenz einer Verdrängungsströmung in Operationsräumen auf Transport und Sedimentation von Mikroorganismen, 1998.

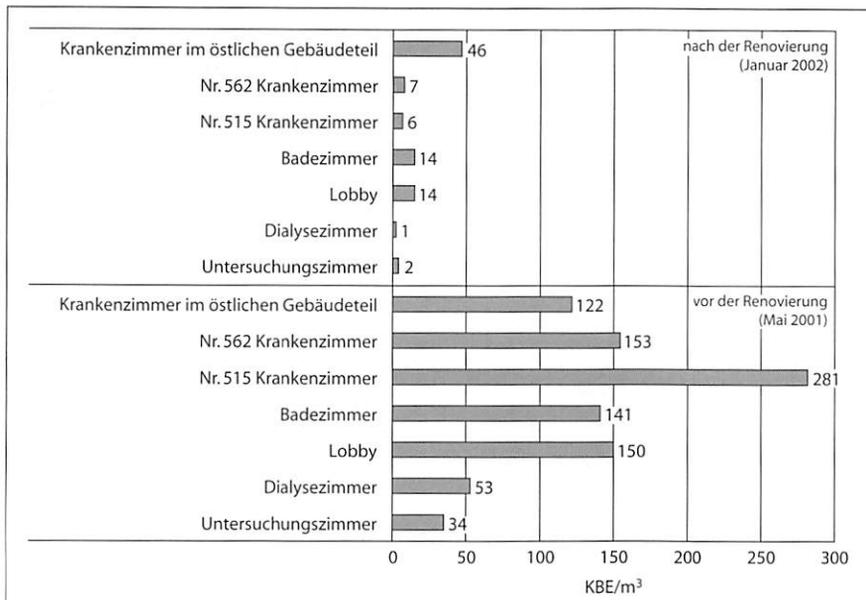


Bild 11. Anzahl der in der Luft schwebenden Schimmelpilze mit Hilfe des RCS-Luftprobensammlers vor und nach der Renovierung.

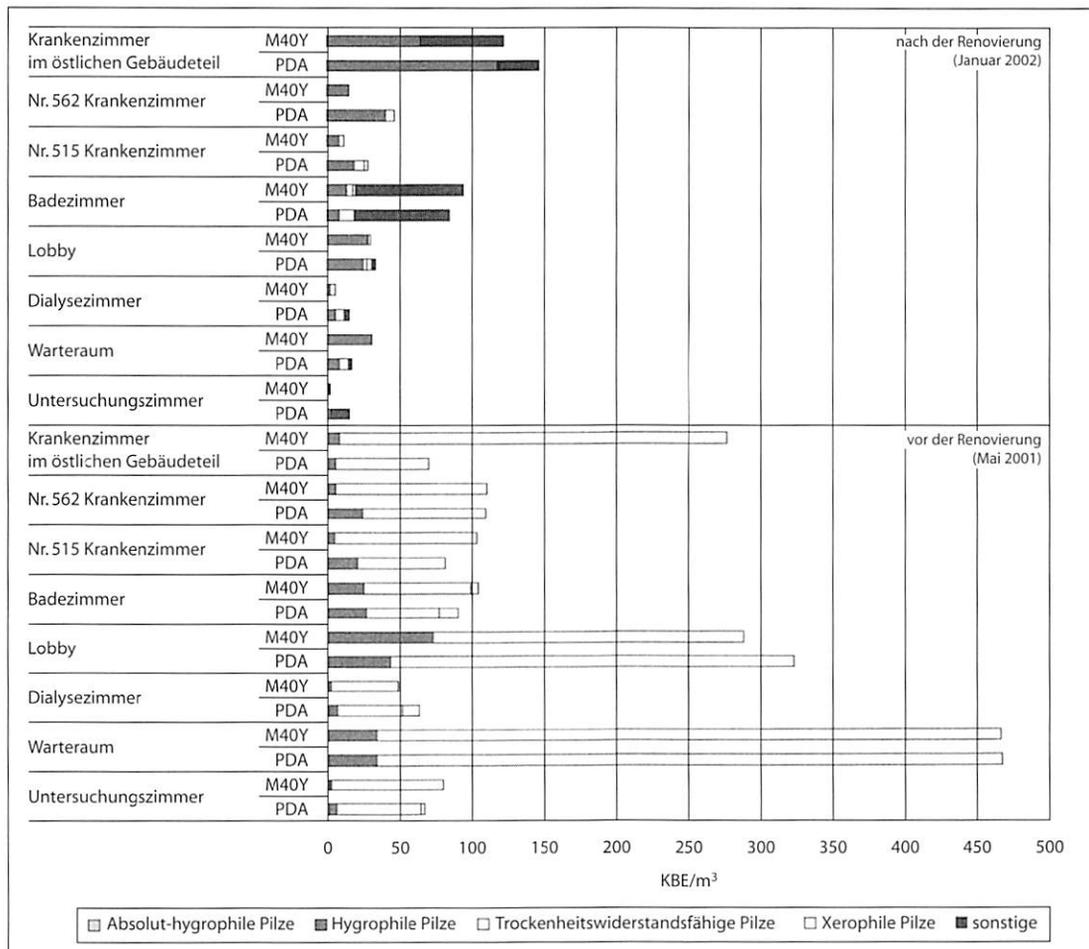


Bild 12. Anzahl der in der Luft schwebenden Schimmelpilze mit Hilfe des MAS-Luftprobensammlers vor und nach der Renovierung.