

# Untersuchungen über die Beeinflussung des Luftkeimgehaltes durch Teppichböden<sup>1</sup>

M. Rotter

Hygiene-Institut der Universität Wien

Im Gegensatz zum fugenlosen Hartboden erlaubt die dreidimensionale Struktur des Teppichbodens die Aufnahme grosser Staubmengen in den Bodenbelag selbst. Damit kommt es dort auch zur passiven Anreicherung von Mikroorganismen. Nach *Anderson* [1] und *Grün* und *Steiger* [6] befinden sich in 1 cm<sup>2</sup> eines stark begangenen Teppichs, vom Pol bis zum Grund, im Mittel 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> Bakterien. Der Teppichboden galt deshalb lange Zeit als unhygienisch, seine Verwendung in Krankenhäusern war bis vor 10 Jahren undenkbar, und sie ist selbst heute noch vor allem in Europa umstritten. Man befürchtete nämlich, dass aus diesem «Meer von Bakterien» [1] ein Teil freigesetzt und dann über die Luft übertragen dem Patienten gefährlich werden könnte. *Friedrichs* et al [3] demonstrierten dagegen, dass der im Teppich befindliche Staub durch seitliche Anströmung mit Luft erst bei Geschwindigkeiten frei wird, die in Innenräumen nicht zu erwarten sind. Weiters konnten diese Autoren auch durch Absaugversuche beweisen, dass Staub schwerer aus textilen als von elastischen Bodenbelägen zu entfernen ist. Sie schlossen aus diesen Befunden, dass Teppiche Staub binden. Dies müsste weiter zu der Vermutung Anlass geben, dass über Teppichböden geringere Keimmengen vorhanden sind als über Hartböden, was in diesem Zusammenhang für eine Überlegenheit des Teppichs spräche. Derartige Berichte existieren auch [15, 16, 17, 19]. Andere Autoren finden wieder keine nennenswerten Unterschiede [5, 11]. Es wurde jedoch bei diesen Untersuchungen oft zu wenig berücksichtigt, dass in geschlossenen Räumen die Luftkeimzahlen fast ausschliesslich von der Art und Intensität menschlicher Aktivitäten abhängen, wenn nicht besondere Einrichtungen für die Umwälzung und Führung und/oder Reinigung der Raumluft sorgen. Vergleichende Messungen des Luftkeimgehaltes über Teppich- und Hartboden können daher nur dann aussagekräftig sein, wenn sie unter möglichst gleichen Umständen durchgeführt werden, so dass im Idealfall der Bodenbelag die einzige Versuchsvariable darstellt.

Da über derartige Untersuchungen unter Praxisbedingungen noch nicht berichtet worden war, wurde der Versuch unternommen, die Beeinflussung des Luftkeimgehaltes durch einen Teppichboden im Vergleich zu einem Steinboden unter möglichster Ausschaltung anderer Variablen festzustellen.

## Material und Methodik

Die Versuche wurden in einem Flur einer geburts-hilfflichen Abteilung der Semmelweis-Klinik der Stadt Wien<sup>2</sup> durchgeführt. Über einem probeweise ausgeleg-

**Wichtige Kriterien bei der hygienischen Beurteilung von textilen Bodenbelägen und Steinfliesenböden sind die Keimausstreuungen sowie die Wirkung der Reinigungs- und Desinfektionsmassnahmen.**

ten Teppichboden wurde der Luftkeimgehalt nach dreimonatiger Begezeit vom 11. Februar bis 23. April (1. Messperiode) und nach Entfernung des Teppichs an derselben Stelle vom 1. Juni bis 11. September (2. Messperiode) über dem zur ursprünglichen Ausstattung des Gebäudes gehörigen Steinfliesenboden verfolgt. Um die von der Aktivität auf dem Flur abhängigen Keimzahlenschwankungen zu berücksichtigen, wurden die Messungen durchgehend im Zweistunden-Rhythmus über den gesamten Tagesverlauf von montags 8.00 früh bis samstags 8.00 früh durchgeführt. Das Krankenhauspersonal nahm, soweit es seine Aktivität betraf, keine Rücksicht auf die Messungen. Es wurde aber gebeten, etwaige tiefgreifende Änderungen im Tagesablauf bekanntzugeben.

*Messort:* Der 49 m lange, 2,3 m breite und 4,3 m hohe, nicht klimatisierte oder künstlich belüftete Flur wurde für die 1. Messperiode auf eine Länge von 27 m mit einem textilen Bodenbelag versehen (Abbildung 1). Dieser war wegen der Lage des Schwesterdienstzimmers auf der weitaus frequentierteren Hälfte des Flurs verlegt, wie auch die mit Hilfe extensiver Abklatschversuche festgestellten Oberflächenkeimzahlen des Steinfliesenbodens zeigten.

*Textiler Bodenbelag:* Er bestand aus zwei gleichartigen Teppichböden («Polaris» und «Herold») zweier österreichischer Hersteller<sup>3</sup>. Die Teppiche hatten folgende Kennzeichenmerkmale nach der ÖNORM 51400 (1970):

Herstellungsverfahren:	Polteppich, gewebt
Oberflächengestaltung:	Schlingenpol
Polschichte:	100 % Polyamid, endlos texturiert
Grundschiichte:	Jute
Rücken:	glatte Latexierung
Farbliche Gestaltung:	mouliné

*Hartboden:* Die Steinfliesen waren mit Zement verfugt. Trotz des Alters war der Boden noch in gutem Zustand, wenn auch die Verfügung nicht mehr ganz ordnungsgemäss war.

*Bestimmung des Luftkeimgehaltes:* Für die Sammlung der Luftkeime wurde ein automatischer Luftkeimsammler [10] verwendet, der in 12 aufeinanderfolgenden Saugperioden zu je 2 Stunden Luftpartikeln auf Gelatinefiltern (Firma *Sartorius*, Göttingen) abscheidet. Die Eigenschaften dieser Filter wurden an anderer Stelle beschrieben [9, 12]. Das während einer zweistündigen Sammelperiode durchgesetzte Luftvolumen betrug in Abhängigkeit vom Filterwiderstand 1300-1600 l. Die genaue, pro Filter durchgesetzte Luftmenge wurde mittels einer automatischen Registriereinheit festgehalten und war daher bekannt. Die Gelatinefilter wurden täglich einmal ausgewechselt, wobei die exponierten Filter auf Blut-Agar-Platten (Columbia-Agar, Firma Oxoid, London, + 5 % Ham-

<sup>1</sup> Auszugsweise vorgetragen auf der 34. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie in Essen, 1.-5. Oktober 1973.

<sup>2</sup> Herrn Doz. Dr. A. Rockenschau, dem ärztlichen Leiter der Semmelweis-Klinik, sei an dieser Stelle für seine Unterstützung gedankt.

<sup>3</sup> Den Firmen Wiener Teppichfabrik, Bacher, Frankl & Co. GmbH und Karl Eybl sei für die Bereitstellung der Teppiche gedankt.

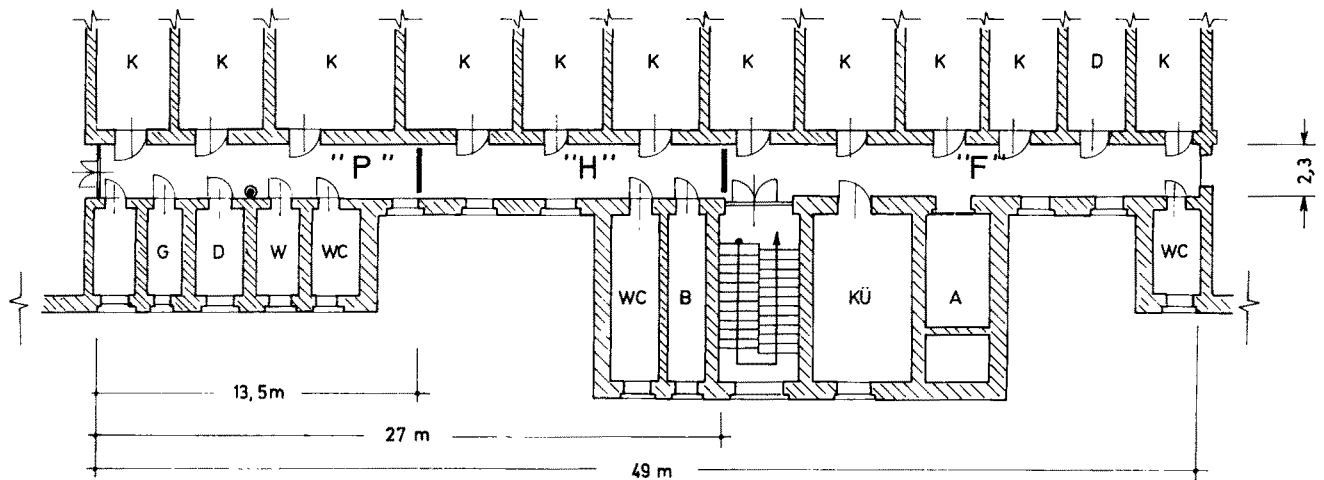


Abbildung 1

Lageplan des Krankenhauskorridors

P «Polaris», H «Herold», F Fliesen, A Aufzug, B Bad, D Dienstzimmer, G Gardeobe, K Krankenzimmer, Kü Küche, W Wäschekammer  
 ○ Keimsammler

melblut) aufgelegt und nach dem Schmelzen und Trocknen der Gelatine 24 Stunden bei 37 °C kultiviert wurden. Der Sammelautomat befand sich immer an der aus Abbildung 1 ersichtlichen Stelle, etwa 6,5 m von der linken Stirnseite des Flurs entfernt. Daneben war der Eingang ins Schwesterndienstzimmer, in dem auch die Nachtwache ihren Dienst versah. Während der 1. Hälfte jeder der beiden Messperioden wurde aus 30 cm, während der 2. Hälfte aus 170 cm Höhe Luft angesaugt.

**Bodenpflege:** Der Teppichboden wurde grundsätzlich vom klinikeigenen Personal ohne spezielle Anweisungen täglich einmal vormittags mit einem kräftigen Zyclon-Staubsauger, der mit einem Papier- und einem Textilfilter ausgerüstet war, gesaugt. Der Papiersack wurde einmal wöchentlich gewechselt. Der Steinboden wurde mit einem Putzlappen und einem nichtdesinfizierenden Detergens ebenfalls täglich einmal gereinigt (Aufwischen). Zwei Wochen vor seiner Entfernung wurde der Teppichboden einer nichtdesinfizierenden Nassshampooierung durch eine Teppichreinigungsfirma unterzogen.

**Bestimmung des Einflusses der Bodenpflege auf Luft- und Oberflächenkeimzahlen:** Da angenommen wurde, dass Staubsaugen den Luftkeimgehalt erhöht, wurde versucht festzustellen, ob es dabei während der entsprechenden zwei-stündigen Messzeit zu einer überproportionalen Steigerung des Luftkeimgehaltes käme. Dafür wurde entsprechend den Gepflogenheiten in diesem Krankenhaus der Teppichboden während der Zeit stärkster Aktivität, also am Vormittag üblicherweise zwischen 10 und 12 Uhr, gesaugt. Die dabei erhaltenen Keimzahlen wurden mit denen des am jeweiligen Vortrag zur selben Zeit festgestellten verglichen, wobei darauf geachtet wurde, dass an diesen Vergleichstagen die Teppichreinigung erst nach der in Frage kommenden Messzeit, in der Regel erst nach 12 Uhr, vorgenommen wurde.

Da auch die Menge der auf einem Fussboden befindlichen Keime für den Luftkeimgehalt bedeutsam erschien, wurden bei diesen Gelegenheiten auch die Oberflächenkeimzahlen des Teppichs vor und nach dem Saugen an 24 verschiedenen Stellen festgestellt. Nach Entfernung des Teppichbodens wurde der Steinboden auf die gleiche Art unter-

sucht. Dabei sollte einmal der Effekt von reinem Leitungswasser, fünfmal jener des in dieser Klinik verwendeten Reinigungsmittels und einmal der einer kationenaktiven Substanz an jeweils 12 Stellen geprüft werden. Die Abklatschkulturen wurden unmittelbar vor der Bodensäuberung und 30 Minuten nachher, das ist nach dem Trocknen, abgenommen. Bei diesen Versuchen wurde immer ein neuer Putzlappen verwendet. Während und nach der nur einmal durchgeführten Teppichshampooierung wurden Luft- und Oberflächenkeimzahlen ebenfalls laufend verfolgt.

**Bestimmung des Oberflächen-Keimgehaltes der Bodenbeläge:** Die Oberflächenkeimzahlen wurden mit Abklatschschwämmen [8] bestimmt. Die etwa 94 m<sup>2</sup> messende, aus Blut-Agar bestehende Oberfläche dieser Schwämme wurde für 2 Sekunden mit einem Auflagedruck von etwa 0,5 kp auf die Prüffläche aufgedrückt.

**Messung der Klimabedingungen:** Temperatur und relative Luftfeuchte wurden mit einem Thermohygrographen für die Dauer der Messungen registriert.

**Auswertung der Ergebnisse:** Für die Auswertung der Befunde, die bei den Bestimmungen des Luftkeimgehaltes erhoben worden waren, wurde der Tagesablauf entsprechend den Sammelzeiten in zwölf 2-Stunden-Intervallen unterteilt, deren jedes nach der Uhrzeit seines Endes benannt wurde (z. B. 8-10 Uhr = 10 Uhr). Miteinander verglichen wurden nur die während gleicher Tageszeiten erhaltenen Ergebnisse. Da diese erwartungsgemäss stark streuten, wurde als Mass zentraler Tendenzen grundsätzlich der gegen Extremwerte unempfindliche Medianwert angegeben. Für die statistischen Vergleiche von Stichproben wurden parameterfreie Methoden verwendet, weil weder mit Normalverteilungen noch mit gleich grossen Varianzen gerechnet werden konnte und der Stichprobenumfang bei bestimmten Fragestellungen (z. B. Vergleiche der Luftkeimzahlen zwischen Teppich und Fliesen nur mit den «Montagewerten») sehr klein wurde. Voneinander unabhängige Stichproben wurden mit dem U-Test nach Wilcoxon, Mann und Whitney [18], verbundene mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen [18] auf Unterschiede geprüft. Korrelationen wurden nach der Methode von Spearman [2] berechnet. Da es gegenüber statistisch stark gesicherten Un-

terschieden wichtiger schien, schon Tendenzen hinsichtlich der Beeinflussung des Luftkeimgehaltes durch den Teppichboden zu erkennen, und der Stichprobenumfang durch den grossen Aufwand der Untersuchung limitiert war, wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme der Alternativhypothese («Teppich beeinflusst den Luftkeimgehalt») mit  $2p = 0,1$  hoch angesetzt. Es sollte damit der Fehler zweiter Art, die Beibehaltung der falschen Null-Hypothese («Teppich beeinflusst gegenüber Hartboden Luftkeimgehalt nicht»), möglichst klein gehalten werden.

**Ergebnisse**

*Luftkeimzahlen über Teppich- und Fliesenboden:*  
Die in Abbildung 2 dargestellten medianen Luftkeim-

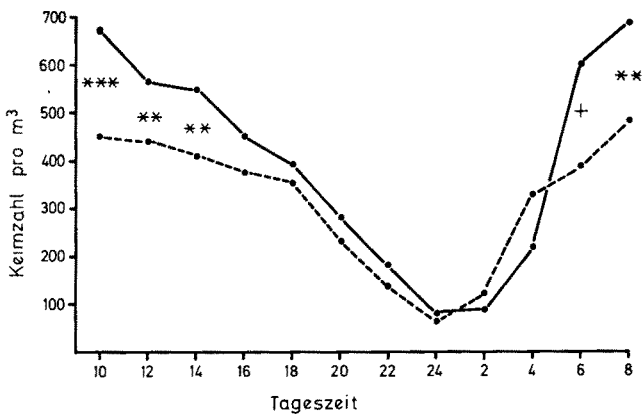


Abbildung 2  
Mediane Keimzahlen (N = 26-32) pro Kubikmeter Luft über Teppich- und Fliesenboden im Tagesverlauf (alle Messwerte)  
● — ● Teppich      ● — — ● Fliesen  
Signifikanz:  
+  $2p \leq 0,1$       \*\*  $2p \leq 0,01$   
\*  $2p \leq 0,05$       \*\*\*  $2p \leq 0,001$

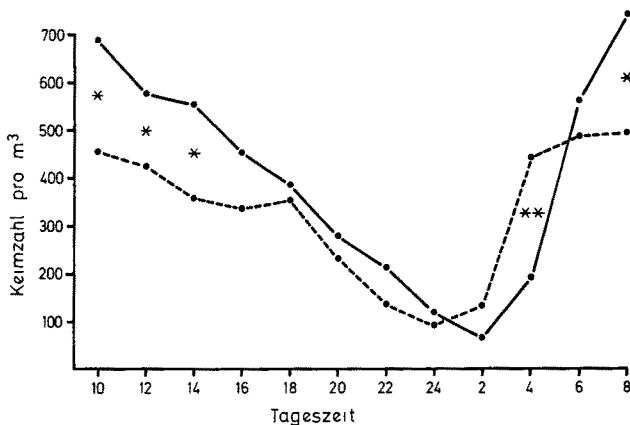


Abbildung 3  
Mediane Keimzahlen (N = 15-19) pro Kubikmeter Luft über Teppich- und Fliesenboden im Tagesverlauf (Messhöhe: 170 cm)  
● — ● Teppich      ● — — ● Fliesen  
Signifikanz:  
\*  $2p \leq 0,05$       \*\*  $2p \leq 0,01$

zahlen über dem Teppich- und Fliesenboden folgten dem Tagesverlauf auf dem Krankenhausflur. Dabei zeigten die Extreme der tageszeitabhängigen Werte wesentlich grössere Differenzen als die grössten Unterschiede der fussbodenabhängigen Keimzahlen. Von 6 bis 24 Uhr war der Luftkeimgehalt über dem textilen Bodenbelag, in den frühen Morgenstunden jedoch über dem Fliesenboden höher. Gesichert sind diese Unterschiede allerdings nur für die Zeiten zwischen 6 und 14 Uhr. Während des übrigen Tages waren sie sehr gering bis gering.

Wie die Abbildungen 3 und 4 zeigen, waren diese Verhältnisse auch dann zutreffend, wenn in verschiedenen Höhen (170 cm und 30 cm) gemessen wurde. Dass sich die Keimzahlen über ein und demselben Bodenbelag zur gleichen Tageszeit in 170 cm und 30 cm nicht

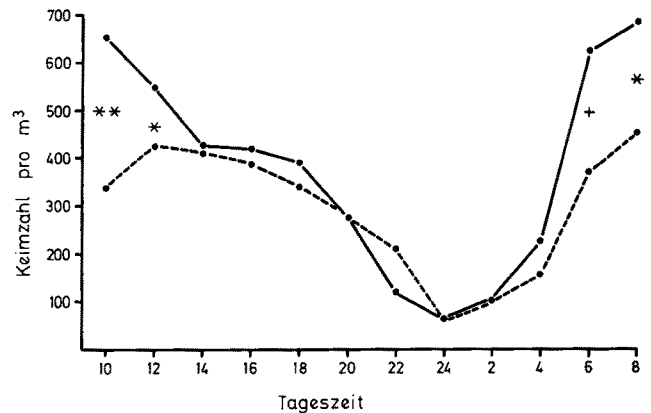


Abbildung 4  
Mediane Keimzahlen (N = 13-14) pro Kubikmeter Luft über Teppich- und Fliesenboden im Tagesverlauf (Messhöhe: 30 cm)  
● — ● Teppich      ● — — ● Fliesen  
Signifikanz:  
+  $2p \leq 0,1$       \*  $2p \leq 0,05$       \*\*  $2p \leq 0,01$

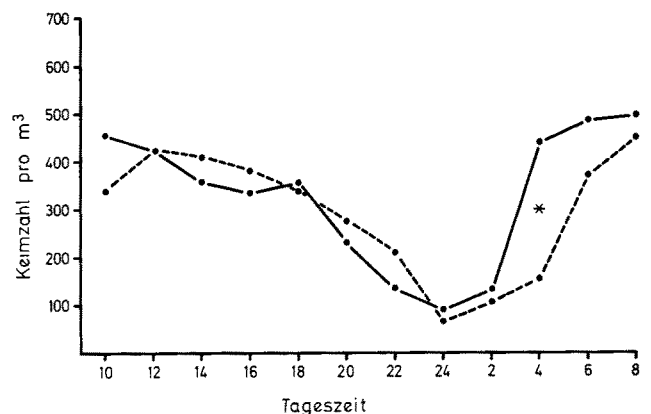


Abbildung 5  
Mediane Keimzahlen (N = 13-15) pro Kubikmeter Luft über dem Fliesenboden bei unterschiedlicher Messhöhe  
● — ● 170 cm      ● — — ● 30 cm  
Signifikanz:  
\*  $2p \leq 0,05$

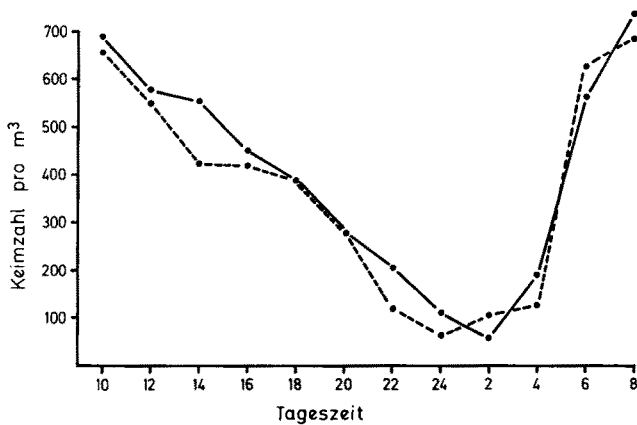


Abbildung 6  
Mediane Keimzahlen (N = 13-19) pro Kubikmeter Luft über dem Teppichboden bei unterschiedlichen Messhöhen  
● — ● 170 cm      ● — — ● 30 cm

wesentlich unterschieden, geht schliesslich, von einer Ausnahme abgesehen, aus den Abbildungen 5 und 6 hervor. Tabelle 1 erlaubt eine Übersicht über das Resultat der statistischen Auswertung, wenn die Ergebnisse der einzelnen Versuchsuntergruppen (verschiedener Bodenbelag, verschiedene Messhöhe) in allen Kombinationen miteinander verglichen werden sollen. In der Tabelle sind jeweils jene 2-Stunden-Intervalle angegeben, während deren sich die Keimzahlen über

Tabelle 1  
Ergebnis der statistischen Auswertung  
Tageszeiten, zu denen die Luftkeimzahlen über Teppichboden signifikant ( $p < 0,1$ ) höher lagen als über Steinfussboden (umgekehrt bei 4\*)

Teppich	170				
	30	keine sign. Diff.			
Fliesen	170	10 12 14 8	4*	10 12 8	
	30	10 12 14 8		10 12 8 6	4*
Messhöhe (cm)	170	30	170	30	
		Teppich		Fliesen	

Teppich- und Hartboden signifikant voneinander unterscheiden. Ausser in einem Fall (signifikant höherer Luftkeimgehalt um 4 Uhr über dem Fliesenboden bei Messung in 170 cm Höhe) waren zu den angegebenen Zeiten immer mehr Keime über dem Teppich, als über dem Fliesenboden zu finden. Diese signifikanten Unterschiede sind bei jeder Kombination zu den Zeiten 8, 10 und 12 Uhr, für die Zeiten 6 und 14 Uhr jedoch nur bei bestimmten Kombinationen zu finden. In die Zeit von 6 bis 12 Uhr morgens (= 2-Stunden-Intervalle: 8, 10 und 12 Uhr) fällt die grösste Aktivität auf dem untersuchten Korridor.

**Einfluss des Staubsaugens auf den Keimgehalt der Luft:** Vergleicht man die aus 12 Versuchen resultierenden, medianen Keimzahlen, die während Messzeiten mit Staubsaugen gefunden wurden, mit den Befunden, die zwar zu den gleichen Tageszeiten anderer Tage, aber ohne Staubsaugen erhoben wurden, so zeigt sich, dass beim Staubsaugen im Durchschnitt mit 633 Keimen pro  $m^3$  gegenüber 577 an Versuchstagen ohne Staubsaugen ein höherer Luftkeimgehalt festgestellt wurde. Der Unterschied lässt sich aber statistisch nicht sichern ( $p > 0,1$ ).

**Einfluss der Bodenpflege auf die Oberflächenkeimzahlen von Teppich- und Fliesenboden:** Aus Tabelle 2 kann entnommen werden, dass durch Staubsaugen die Keimzahlen auf der Oberfläche beider Teppiche («Polaris» und «Herold») im Mittel auf die Hälfte bzw. ca. ein Drittel (mittlere Reduktionsfaktoren: 2,00 bzw. 2,94) verringert werden konnten. Der Unterschied zwischen diesen Reduktionsfaktoren von «Polaris» und «Herold» ist statistisch nicht zu sichern. Nach Aufwaschen des Fliesenbodens mit Leitungswasser oder dem an dieser Klinik üblichen Detergens stieg die Oberflächenkeimzahl auf das Zehnfache und darüber an. Nur nach Aufwischen mit einer Kationenseife waren nach dem

Tabelle 2  
Einfluss des Staubsaugers auf Oberflächenkeimzahlen der beiden Teppiche  
Mediane Keimzahlen (KZ) aus je 12 Abklatschkulturen vor und nach dem Staubsaugen sowie Reduktionsfaktoren und Ergebnis der statistischen Auswertung (Wilcoxon-Test)

Teppich	Versuchs-Nr.	Mediane KZ		Reduktionsfaktor (= $\frac{V}{N}$ )	2 p	Geom. Mittel Red.-Faktor $\pm S$
		vor	nach			
«Polaris»	1	681	312	2,18	<0,01	2,00 (1,45-2,75)
	2	647	465	1,39	<0,01	
	3	513	302	1,67	<0,01	
	4	776	238	3,26	<0,01	
	5	1010	520	1,94	<0,01	
«Herold»	1	625	210	2,97	<0,01	2,94 (1,86-4,64)
	2	632	347	1,84	<0,01	
	3	767	126	6,17	<0,01	
	4	623	275	2,26	<0,05	
	5	1025	347	2,86	<0,01	

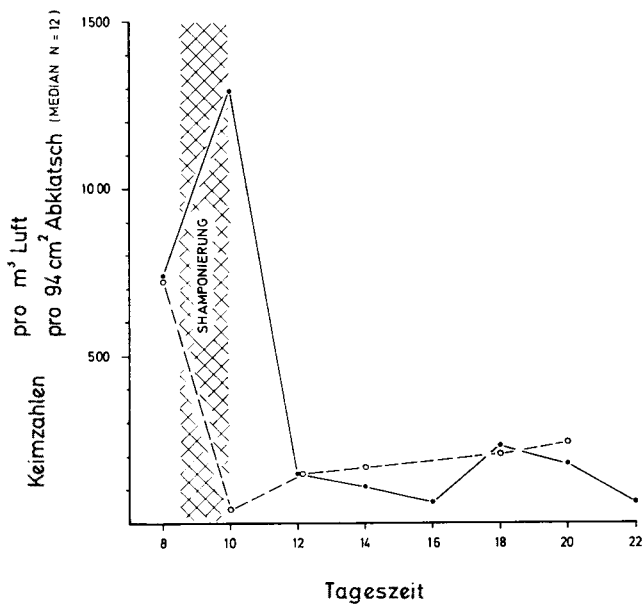


Abbildung 7  
 Mediane Keimzahlen (N = 12) pro 94 cm<sup>2</sup> Abklatschfläche und Luftkeimzahlen vor, während und nach der Teppichshampooierung  
 ● —●—● Luft, ○ —○—○ Oberfläche.

Trocknen des Bodens etwa gleich viele Keime wie vorher nachweisbar (Tabelle 3).

Tabelle 3  
 Mediane Keimzahlen vor und nach Aufwaschen des Fliesenbodens mit 3 verschiedenen Flüssigkeiten

Behandlung	Versuchsmittel	Nr.	Keimzahlen			
			vor		nach	
			Median	Extreme	Median	Extreme
Reinigungsmittel	H <sub>2</sub> O	1	727	(367 - 1150)	8050	(3700 - Rasen)
		2	710	(390 - 3840)	7250	(5800 - 8800)
		3	1165	(278 - 3120)	8850	(3600 - Rasen)
		4	457	(280 - 885)	5150	(2400 - 7100)
		5	415	(286 - 784)	7550	(3800 - Rasen)
		6	537	(357 - 2115)	7000	(3450 - Rasen)
Quart. Amm. bas.		7	483	(356 - 907)	488	(421 - 546)

Der Einfluss einer Teppichshampooierung ohne Desinfektion geht deutlich aus Abbildung 7 hervor. Während des Shampooierens stieg die Luftkeimzahl auf einen extrem hohen Wert, 2 Stunden später war sie aber für die Tageszeit ungewöhnlich niedrig und stieg im Laufe des Nachmittages nur unwesentlich wieder an. Die Oberflächenkeimzahl wurde ebenfalls durch die Shampooierung drastisch reduziert. Es dauerte 6 Tage, bis wieder die Ausgangswerte erreicht waren.

**Diskussion**

Die starke Abhängigkeit des Luftkeimgehaltes in geschlossenen Räumen von der Art und Intensität menschlicher Aktivitäten ist sowohl durch das Aufwirbeln schon vorhandener als auch das Ausstreuen frisch vom Menschen abgegebener Keime bedingt. Je mehr Menschen sich also in einem Raum befinden und je heftiger sie sich bewegen, um so höher wird der Luftkeimgehalt sein. Diese an sich bekannte Tatsache muss aber berücksichtigt werden, wenn der Einfluss anderer Variabler, wie z. B. des Bodenbelages, auf die Keimenge der Luft festgestellt werden soll. Dies zeigen auch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deutlich: Die im Tagesverlauf auftretenden Keimzahlschwankungen sind wesentlich grösser als die durch den Bodenbelag bedingten. Es kann daher nicht zureichend sein, die Befunde von Luftkeimzahlbestimmungen miteinander zu vergleichen, die im selben Raum zu verschiedenen Tageszeiten oder in unterschiedlichen Räumen erhoben wurden, wenn nicht gesichert ist, dass die Aktivitäten zu den Messzeiten oder in den Räumen vergleichbar sind. In der vorliegenden Untersuchung wurde versucht, alle ausser die zu prüfenden Variablen möglichst konstant zu halten oder auszuschalten: Die Aktivitäten auf der untersuchten Station liefen nach dem üblichen Stundenplan ohne tiefgreifende Veränderungen ab, der Personalbestand und die Belegzahl schwankten in geringen Grenzen, der Messort war immer derselbe, verglichen wurden nur zu den gleichen Tageszeiten erhaltene Werte, und auch die Temperaturschwankungen hielten sich in tolerierbaren Grenzen. Als einzige bekannte Variable, die nicht ohne weiteres zu steuern war, muss die im jahreszeitlichen Ablauf schwankende relative Feuchte auf dem Flur betrachtet werden. Sie war im Winter durchschnittlich geringer (37 ± 10 %) als im Sommer (48 ± 17 %). Hätte sie aber einen wesentlichen Einfluss auf den Luftkeimgehalt gehabt, so wären auch bedeutsame Unterschiede der durchschnittlichen Keimzahlen zwischen Teppich- und Fliesenboden während der Nachtstunden aufgetreten, was nicht der Fall war. In geschlossenen Räumen kann ein bedeutsamer Luftkeimgehalt nur dann erwartet werden, wenn Keime aufgewirbelt werden. Zugluft und thermisch bedingte Luftströmungen spielen dabei eine wesentlich geringere Rolle als durch Bewegungsaktivität hervorgerufenen Luftturbulenzen. Es wird deshalb nur ab einem gewissen Aktivitätsgrad möglich sein, den Einfluss unterschiedlicher Bodenbeläge festzustellen, eine Annahme, die sich durch die vorliegenden Ergebnisse zu bestätigen scheint.

Nach den erhobenen Befunden lässt sich zu Tageszeiten mit grosser Aktivität eine bedeutsame Steigerung des Luftkeimgehaltes durch den Teppichboden zeigen. Für eine Verallgemeinerung muss sich diese Aussage allerdings auf die Art des Messortes, also einen betriebsamen Krankenhausflur, beschränken. Wie die Untersuchungen anderer Autoren [11, 15] zeigen,

sind nämlich die Verhältnisse in Zimmern umgekehrt. Eine Analyse dieser divergierenden Befunde lässt dabei 3 Faktoren bedeutsam erscheinen:

1. Teppichböden enthalten insgesamt mehr Keime, als auf Hartböden zu finden sind [1, 6],
2. Teppichböden binden Staub fester als Hartböden [3],
3. die Fortbewegungsart auf weitläufigen Korridoren und in kleineren, möblierten Räumen (Zimmer) unterscheidet sich in der Fortbewegungsgeschwindigkeit, dadurch auch in Trittstärke und Erzeugung von Luftturbulenzen.

Es liegt nahe anzunehmen, dass bei der in Zimmern üblichen Fortbewegungsart die Staubbindungskräfte des Teppichs überwiegen. Auf dem betriebsamen Korridor hingegen werden die Staubbindungskräfte durch die -freisetzungskräfte übertroffen, was im Verein mit dem stärkeren Staubgehalt des Teppichs zu einem höheren Luftkeimgehalt führen muss. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kamen übrigens auch *Rylander* et al. [15], wenn sie in einem Zimmer mit Teppichboden jemanden für 2 Minuten dauernd auf und ab gehen liessen.

Die höhere Luftkeimzahl um 4 Uhr morgens über dem Fliesenboden ist durch eine Vorverlegung der Dienstätigkeiten des Nachtdienstes in der 2. Hälfte der 2. Messperiode (Messung in 170 cm über dem Fliesenboden) bedingt und daher bedeutungslos (Abbildungen 2, 3 und 4).

Der nichtsignifikante Einfluss des Staubsaugers auf die Luftkeimzahlen, ein auch von *Shaffer* [4] beschriebenes, zunächst verwunderliches Phänomen, erklärt sich mit dem zur Zeit der Teppichreinigung an sich schon hohen Luftkeimgehalt. Dieser wurde durch den Staubsauger offenbar nicht so stark erhöht, dass sich die Unterschiede bei der vorliegenden Stichprobengrösse mit einiger Wahrscheinlichkeit gegen zufällige Keimzahlschwankungen hätten abgrenzen lassen. Es muss aber betont werden, dass normale Staubsauger mit der Abluft Feinstaub freisetzen [4, 7]. Dies war auch bei dem verwendeten Modell der Fall, wie nachträgliche Messungen mit einem Royco-Partikelzähler ergaben. Bei geringerem Luftkeimgehalt wie z. B. in Krankenzimmern muss daher mit einer signifikanten Keimzahlsteigerung gerechnet werden.

Die tägliche Teppichreinigung durch das Bedienungspersonal der Klinik führte im Mittel zu einer Reduktion der Oberflächenkeime um 50–66 %. Diese nicht gerade eindrucksvolle Verringerung lässt sich durch entsprechende Reinigungstechnik wesentlich verbessern, wie Berichte aus der Literatur zeigen [15, 16, 17]. Bezüglich der Keimentfernung aus tieferen Schichten gehen die Meinungen auseinander [14, 15, 16], aber wahrscheinlich lässt sich auch hier durch Verwendung entsprechender Reinigungsgeräte (z. B. Saugbürsten) und durch entsprechende Technik ein befriedigender Effekt erreichen.

Interessant ist die Feststellung, dass feuchtes Aufwischen des Fliesenbodens mit Wasser (mit und ohne Detergens) paradoxerweise zu einem beträchtlichen Anstieg der Keimzahlen führte. Wir konnten dieses Phänomen, das auch von *Rylander* et al. [15] berichtet wird, schon bei Untersuchungen in anderem Zusammenhang beobachten. Es hängt vermutlich weniger mit dem Keimgehalt des Putzlappens, der in dieser Untersuchung immer erneuert wurde, als vielmehr mit einer Zerteilung von Staub- und Keimaggregaten zusammen. Dies beweist, dass auch für den Hartboden eine ordnungsgemässe Reinigungstechnik von grosser Bedeutung ist und dass er durchaus nicht so leicht von Schmutz und Bakterien zu befreien ist, wie oft angenommen wird. *Rylander* et al. [15] demonstrierten in diesem Zusammenhang auch, was eine gute Reinigungstechnik zu leisten imstande ist.

Vergleicht man die Oberflächenkeimzahlen auf Teppich- und Fliesenboden vor jeder Reinigung (Tabelle 2 und 3), so lässt sich nur ein geringer Unterschied zugunsten des Teppichs feststellen.

Dass eine Teppichshampoonierung mit dem Staub auch einen Grossteil der Bakterien entfernt, war zu erwarten. Die vorliegende Untersuchung kann allerdings keine Auskunft über den Keimgehalt in der Tiefe des Teppichs geben. Da die Teppichoberfläche erst eine Woche nach der Grundreinigung wieder den durchschnittlichen Ausgangswert erreicht hatte, ist zu vermuten, dass es auch in den tieferen Schichten zu einer starken Keimreduktion gekommen ist. Nach *Anderson* [1] stellt sich bei einem neuen Teppich erst nach 4 Wochen ein Gleichgewicht der Gesamtkeimzahlen ein. Es dauert demnach sicher einige Zeit, bis der Staub von der Oberfläche in die Tiefe des Teppichs eingetreten ist. Allerdings gehen auch in diesem Punkt die Meinungen auseinander [1, 15, 16, 17].

Eine Korrelation zwischen dem oberflächlichen Keimgehalt des Teppichs und der darüberliegenden Luft (Abbildung 7) liess sich nur für ungefähr einen Tag nach der Shampooierung feststellen, wobei zu vermuten ist, dass die Reduktion des Luftkeimgehaltes in dem festgestellten Ausmass eher auf die staubbindende Feuchte des frisch gereinigten Teppichs als auf seinen niedrigen Keimgehalt zurückzuführen war. Andernfalls hätte sich nämlich der geringere Keimgehalt längere Zeit auf die Luftkeimzahlen auswirken müssen. Eine Beziehung zwischen Keimgehalt des gesaugten Teppichs mit dem der Luft konnte in Übereinstimmung mit *Rylander* et al. [15] niemals gefunden werden [13]. Dies verwundert allerdings nicht, wenn man die relativ geringe Effektivität des Staubsaugers in dieser Untersuchung in Betracht zieht und berücksichtigt, wie schwierig der Nachweis einer Keimreduktion der Luft auch nach einer gründlichen Teppichreinigung ist.

Die hygienischen Aspekte des Teppichbodens, die sich aus dieser und anderen Untersuchungen ergeben, werden an anderer Stelle diskutiert [14].

### Zusammenfassung

Auf einem Krankenhausflur wurde einige Monate lang der Luftkeimgehalt über einem textilen Bodenbelag und nach Entfernung desselben über einem Steinfliesboden an derselben Stelle im gesamten Tagesablauf, das ist täglich zwölfmal 2 Stunden, verfolgt. Zu den Zeiten der grössten Aktivität auf diesem Flur, das ist von 6 bis 14 Uhr, lag der Keimgehalt über dem Teppichboden signifikant über dem des Fliesenbodens. Zu den anderen Zeiten war praktisch kein Unterschied feststellbar. In 30 und 170 cm Höhe wurden über ein und demselben Bodenbelag die gleichen Keimzahlen gemessen. Die Bodenpflege hatte, mit Ausnahme einer kurzen Zeit nach einer Teppichshampoonierung, keinen Einfluss auf den Luftkeimgehalt. Die Verwendung des Staubsaugers erhöhte die mittleren Keimzahlen etwas, doch war der Unterschied gegenüber dem zu gleichen Tageszeiten anderer Tage festgestellten Keimgehalt, an denen erst später gesaugt wurde, statistisch nicht zu sichern. Dies wird damit erklärt, dass die Teppichreinigung während Tageszeiten mit an sich schon hohem Luftkeimpegel durchgeführt wurde, den auch die Abluft des Staubsaugers kaum mehr zu steigern vermochte. Die auf der Teppichoberfläche befindliche Keimmenge wurde durch den Staubsauger im Mittel um 50-66 % reduziert. Shampooieren reduzierte den oberflächlichen Keimgehalt auf unter 7 % der ursprünglichen Menge. Die vergleichsweise vor und nach Feuchtreinigung des Steinfliesbodens durchgeführten Abklatschkulturen zeigten, dass ohne Verwendung eines Desinfektionsmittels 30 Minuten nach der Säuberung mehr als zehnmal so viele Keime als vorher gefunden werden können, ein Phänomen, das auf Zerreißen von Staub- und Keimaggregaten durch den Wischvorgang zurückgeführt wird. Es wird diskutiert, warum auf weitläufigen Korridoren bei grosser Aktivität höhere Luftkeimzahlen über dem Teppichboden gefunden werden. Weiters wird festgestellt, dass der Luftkeimgehalt von Innenräumen durch die Art der meisten Bodenbeläge sicherlich weniger beeinflusst wird als durch die Intensität menschlicher Bewegungsaktivität, eine Tatsache, die bei Untersuchungen über den Einfluss bestimmter Variablen auf den Luftkeimgehalt mehr berücksichtigt werden müsste.

### Résumé

*Etudes sur l'influence des tapis sur le nombre de germes dans l'air*

Dans un corridor d'hôpital le nombre de germes dans l'air a été compté pendant plusieurs mois en faisant douze épreuves de deux heures chacune par jour. La première série d'épreuves a été faite sur un plancher couvert entièrement par un tapis, la deuxième série dans le même corridor et dans la même position mais après avoir ôté le tapis du plancher original en dalles. Seulement pendant les périodes d'épreuve de grande activité dans le corridor, c'est-à-dire de 6 à 14 heures, le nombre de germes était significativement plus grand sur le tapis que sur les dalles. Aux autres périodes de la journée, il n'y avait presque pas de différence. Les nombres obtenus dans les positions de 30 et 170 cm en dessus du même revêtement du plancher de variaient pas. A l'exception du shampooing, le nettoyage du tapis n'avait pas d'influence sur le nombre de germes dans l'air. Quand l'aspirateur était en fonction, le nombre moyen de germes a légèrement augmenté en comparaison avec les nombres obtenus sans aspirateur aux mêmes heures à d'autres jours. Pourtant, les différences ne pouvaient pas être déterminées statistiquement. Ceci peut être expliqué par le fait que l'aspirateur était mis en marche en général à des heures où le nombre de germes dans l'air était déjà considérable. L'aspiration a réduit le nombre de germes adhérent superficiellement au tapis de 50 à 66 %. Cet effet a pu être augmenté jusqu'à 93 % avec le shampooing. Des cultures d'impression faites sur les dalles avant et après leur nettoyage à chiffon humide ont révélé que les nombres de germes augmentaient de plus que dix fois quand aucun désinfectant n'était employé. Ce phénomène a été expliqué par la dispersion des germes agglomérés et des particules de poussière. La raison est discutée pourquoi les nombres de germes étaient plus hauts pendant beaucoup de mouvement sur le tapis que sur les dalles. En plus, on a pu constater que l'intensité du mouvement humain a une influence beaucoup plus grande sur le

nombre de germes dans l'air que la plupart des revêtements du plancher, un fait qui devrait être considéré plus sérieusement en étudiant l'effet de certains variables sur le nombre de germes dans l'air.

### Summary

*The effect of carpeting on the amount of airborne bacteria*

In a hospital corridor the number of airborne bacteria was followed for several months on the basis of twelve consecutive measurements daily, each sampling covering a 2 hour-period. The first sampling series was performed over a carpeted floor, the second on the same corridor and in the same sampling position but after removal of the carpet over the original floor covering of flagstones. Only during sampling periods of high activity in the corridor, this is 6 a. m.—2 p. m., the counts were found to be significantly higher over the carpet. At the other times of the day, virtually no difference was noted. Counts obtained in sampling positions of 30 and 170 cm over one and the same floor covering did not differ. Except for shampooing, cleaning had no influence on the amount of airborne bacteria. During sampling periods with vacuuming, the median counts were slightly elevated as against those obtained from sampling periods without vacuuming, but at the same times of other days. However, the differences could not be distinguished from variations caused by chance. This is explained by the fact that vacuuming usually was performed at times of the day when numbers of airborne bacteria were already high. Vacuuming reduced the amount of bacteria adhering superficially to the carpet by 50—66 %. By shampooing, this effect could be enhanced up to over 93 %. Impression cultures performed on the flagstones before and after damp mopping revealed the fact that 30 minutes after cleaning without use of disinfectant the counts had risen more than ten-fold. This phenomenon was explained by dispersion of agglomerated bacteria and dust particles. The question is being discussed as to why, during high activity, the counts on the corridor have been found to be larger over the carpeted than over the flagstone floor. Furthermore, it is stated that busy human motion influences the amount of indoor airborne bacteria to a much higher degree than do most kinds of floor coverings, a fact that should be taken into account more seriously when studying the effect of some variables on the number of airborne bacteria.

### Literatur

- [1] Anderson R. L.: Biological evaluation of carpeting. *Appl. Microbiol.* 18, 180 (1969).
- [2] *Documenta Geigy*: Wissenschaftliche Tabellen. 7. Auflage. J. R. Geigy SA, Basel 1968.
- [3] Friedrichs K. H., Grün L., Saltow G. und Schlipköter H. W.: Zur Hygiene der Teppichauslegeware — II. *Ges. Wesen und Desinf.* 62, 102 (1970).
- [4] Friedrichs K. H., Grün L. und Schlipköter H. W.: Untersuchungen an einigen Haushaltsstaubsaugern unter hygienischen Gesichtspunkten. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 155, 445 (1972).
- [5] Greco J. T.: Carpeting VS. resilient flooring. *Hospitals J.A.H.A.* 39, 55 und 102 (1965).
- [6] Grün L. und Steiger K.: Erste experimentell-hygienische Erfahrungen mit textilen Fussböden auf einer Krankenstation. *Das Krankenhaus* 61, 399 (1971).
- [7] Grün L., Friedrichs K. H. und Heyn U.: Experimentell-hygienische Untersuchungen an textilen Fussböden für Krankenstationen. *Das Krankenhaus* 64, 61 (1972).
- [8] Klein H. J. und Werner H. P.: Eine einfache Methode zur Anfertigung von Abklatschkulturen für den Nachweis von Keimträgern bei der Bekämpfung des Hospitalismus. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig.* 211, 395 (1969).
- [9] Koller W. und Rotter M.: Weitere Untersuchungen über die Eignung von Gelatinefiltern zur Sammlung von Luftkeimen. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B*, im Druck.
- [10] Resch W., Schedling J., Waniek J., Flamm H. und Rotter M.: Vollautomatische Sammlung von Luftkeimen mittels eines Filtergerätes. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 158, 206 (1973).

- [11] Röder H. L.: Hygiene und weitere spezifische Bedürfnisse des Fussbodenbelages im Krankenhaus. Vortrag, gehalten auf der INTERCARPET 1974, erhältlich bei: Österreichisches Teppichforschungsinstitut, Spengergasse 20, A-1050 Wien.
- [12] Rotter M. und Koller W.: Sammlung von Luftkeimen mit Gelatinefiltern. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 157, 257 (1973).
- [13] Rotter M., Kunze M. und Meschkat A. A.: Der Einfluss von Teppichböden auf den Keimgehalt der Luft. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 227, 532 (1974).
- [14] Rotter M.: Hygienische Aspekte des Teppichbodens. Das Krankenhaus 66, 262 (1974).
- [15] Rylander R., Myrbäck K. E., Verner-Carson and Öhrström M.: Bacteriological Investigation of Wall-to-Wall Carpeting. Amer. J. Pub. Hlth. 64, 163 (1974).
- [16] Shaffer J., Key G. and I. D.: Microbiology of Hospital Carpeting. Health Lab. Sci. 3, 73 (1966).
- [17] Shaffer J. G.: Teppichböden in Krankenhäusern. Bauwelt, Heft 1/2, 64 (1971).
- [18] Siegel S.: Non parametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill Book Comp. Inc., New York-Toronto-London 1956.
- [19] Steuer W.: Hygienische Fragen bei Textilböden. Melliland Textilberichte, Heft 11, 1227 (1973).

**Adresse des Autors**

Dr. med. Manfred Rotter, Hygiene-Institut der Universität, Kinderspitalgasse 15, A-1095 Wien.

## Themenhefte 1974 der Zeitschrift für Sozial- und Präventivmedizin

Die bisher in diesem Jahre erschienenen Themenhefte der neugestalteten Zeitschrift «Sozial- und Präventivmedizin» sind für alle, die in der täglichen Praxis der Sozial- und Präventivmedizin stehen, von aktueller Bedeutung:

Nr. 1/74 Bekämpfung des Tabakmissbrauchs in der Schweiz

Nr. 2/74 Kinder mit erhöhtem Risiko

Nr. 3/74 Lärm

Die Hefte können, solange der Vorrat reicht, noch einzeln bezogen werden. Benützen Sie hierfür den untenstehenden Bestell-Coupon!

### Bestellbon

Orell Füssli Graphische Betriebe  
Postfach 1461, 8036 Zürich

Bestellung von **Sonderheften** «Sozial- und Präventivmedizin» zum Einzelpreis von Fr. 11.60 (inklusive Porto).

Exemplare Heft 1/1974 Tabakmissbrauch in der Schweiz

Exemplare Heft 2/1974 Kinder mit erhöhtem Risiko

Exemplare Heft 3/1974 Lärm

Adresse: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

PLZ \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

Telefonische Bestellungen nimmt Tel.-Nr. 01 33 66 11, intern 301 (Frau Galli), entgegen.