

werden können. Wenn es dem Architekten gelingt, die beiden Forderungen harmonisch zu berücksichtigen, dann dient er der Erziehung doppelt; denn wenn der Schüler gern das Schulhaus benützt, weil es seinen Bedürfnissen entgegenkommt, dann ist er um so eher offen für die demokratische Erziehung, die wir ihm zugedacht haben. Und wenn wir (das darf der Leiter eines Pädagogischen Institutes sagen, in dem Lehrer aller Kategorien ausgebildet werden) – wenn wir durch einen dem demokratischen Unterricht dienenden Schulbau auch die Lehrer zwingen, sich demokratisch zu verhalten: um so besser!

Adresse des Autors: Dr. H. P. Müller, Direktor Kantonales Lehrerseminar, 4058 Basel.

Schularztamt Basel-Stadt. Leiter: PD Dr. med. G. Ritzel

Sozialmedizinische Erhebungen zur Pathogenese und Prophylaxe von Erkältungskrankheiten

(Kontrollierte Studie an Kindergartenkindern – Einfluß künstlicher Luftbefeuchtung)

Günther Ritzel

Zusammenfassung

Entsprechend der sozialmedizinischen Wertigkeit der Erkältungskrankheiten wird in einer präventivmedizinischen Untersuchung der Einfluß künstlicher Raumluftbefeuchtung auf die Morbidität der banalen Erkältung an 230 Kindergartenkindern anhand von über 12 000 Beobachtungstagen geprüft.

Unter den eingehaltenen Bedingungen zeigte sich eine signifikante Reduktion durch Erkältung bedingter Krankheitstage unter künstlicher Luftbefeuchtung.

Die möglichen prophylaktischen Effekte optimaler Luftfeuchtigkeit auf Wirt und Erreger werden anhand von Literaturangaben erörtert, die erzielten eigenen Resultate mit den gebotenen Vorbehalten diskutiert.

Résumé

Vu l'importance socio-médicale des maladies de refroidissement, l'influence de l'humidification artificielle de l'air sur la morbidité en refroidissements ordinaires a été étudiée chez 230 enfants à l'école enfantine pour 12 000 jours d'observation.

On a pu constater une réduction significative des jours d'absence dus aux refroidissements dans les conditions d'humidification artificielle.

Les effets prophylactiques possibles de l'humidité de l'air optimum sur l'hôte et sur l'agent provocateur sont discutés sur la base de la littérature et les résultats obtenus lors des investigations de l'auteur sont étudiés en observant les réserves qui s'imposent.

Die präventive als Teil der sozialen Medizin betrifft ihrem Wesen nach größere Kollektive und stellt an ihnen im Vergleich zu nicht oder scheinbehandelten Kontrollen erhobene Befunde zur Diskussion.

Die vorliegende Studie ist ein Versuch, durch Feststellung der Wirkung einer physikalischen Maßnahme, der künstlichen Luftbefeuchtung, die Entstehung bestimmter Gesundheitsschäden, die unter dem kollektiven Begriff der banalen Erkältung (Common Cold) zusammengefaßt werden, besser zu erkennen.

Die ausgesprochen säsionale Abhängigkeit der Frequenz sogenannter banaler Erkältungssymptome ist schon von mehreren Autoren und unter verschiedenen Gesichtspunkten erörtert worden. Gehäuft erscheinende grippale Infekte bis zu ausgeprägten Influenza-Epidemien treten in gemäßigten Klimata winters auf. Dasselbe gilt für andere mikrobielle Erkrankungen, z. B. diejenigen mit Pneumo- und Meningokokken als Erreger [1, 2]. Häufig dürfte der Erfolg gezielter prophylaktischer Maßnahmen, also aktiver Schutzimpfungen, daran scheitern, daß der dominierende Erreger des Common Cold von Jahr zu Jahr bzw. von «Welle» zu «Welle» wechselt. Überdies sind bei weitem noch nicht alle Virusarten, die Erkältungskrankheiten auslösen, genügend bekannt, um die Herstellung einer Vakzine überhaupt zu ermöglichen.

Unter Berücksichtigung der erwähnten, alljährlich sich wiederholenden Häufung in den Wintermonaten und in Kenntnis des Tatbestandes, daß sich auch beim Gesunden auf den Schleimhäuten der Mundhöhle und der oberen Luftwege die Erreger verschiedenster Erkältungskrankheiten finden, interessierte die Frage nach dem pathogenetischen Mechanismus, der den latenten Zustand des inapperzepten Parasitismus durch Verminderung der körpereigenen Resistenz zur manifesten Erkrankung werden läßt.

Schon *Rogers* [3] hat vor 40 Jahren auf die umgekehrte Proportionalität zwischen Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen und der Frequenz gewisser infektiöser Erkrankungen hingewiesen; seine Studie hat jedoch keinen entsprechenden Widerhall gefunden.

In den folgenden Jahren wurde der Einfluß der Luftfeuchtigkeit als Teilfaktor des Raumklimas von pathophysiologisch-klinischen und von mikrobiologischen Gesichtspunkten aus diskutiert und untersucht.

Die Luftfeuchtigkeit ist physikalisch von der herrschenden Temperatur abhängig, indem bei zunehmender Wärme das Sättigungsvermögen der Luft mit Wasserdampf ansteigt [4, 5]. Zur Illustration seien 3 Temperaturwerte und die ihnen zuzuordnenden ungefähren maximalen Wasserdampfgehalte angeführt: 1 m³ Luft ist bei 0°C mit 5 g, bei 15°C mit 13 g, bei 25°C mit 23 g H₂O gesättigt. Entsprechend der Definition der relativen Luftfeuchtigkeit als prozentualem Verhältnis zum temperaturabhängigen maximalen Wassergehalt oder Sättigungswert wird augenscheinlich, daß bei hohen Temperaturen (z. B. Zimmertemperatur im Vergleich zu winterlicher Außentemperatur von 0°C) eine gleiche Wasserdampfmenge nur zu einer viel geringeren relativen Feuch-

tigkeit – in unserem Beispiel etwa zum vierten Teil – führt. Daß mit dem Vorgang der Raumheizung somit die Luft relativ austrocknet, ist die i. A. notwendige Folge. Übliche Zentral-, Decken- und Warmluftheizungen führen zu relativen Luftfeuchtwerten von nur 20 bis 30% [6].

Subjektiv als behaglich empfundene raumklimatische Verhältnisse entsprechen etwa 50% relativer Luftfeuchtigkeit; über das subjektive Empfinden hinaus handelt es sich hierbei jedoch um objektivierbare Kriterien, deren Nichtbeachtung zu Erkältungskrankheiten führen kann [7].

Otologen und Pädiater konstatieren als Folge relativer Lufttrockenheit eine Schädigung der Zilien, haarähnlicher Strukturen auf den Schleimhäuten der oberen Luftwege; diese Noxe führt zum funktionellen Wegfall der «physiologischen Barriere» gegenüber Ansteckung mit Erregern von Erkältungskrankheiten. Denn die Zilienbewegungen dienen bekanntlich der Beförderung korpuskulärer Elemente, die mit der Einatmung inkorporiert worden sind, nach außen. Man hat in diesem Zusammenhang festgestellt, daß trockene Atmosphäre infolge des starken Konzentrationsgefälles zwischen Organismus und Raumluft zunächst den Wassergehalt des dünnen Schleimbelags auf den Zilien unter 97% sinken läßt, wodurch sich eine Viskositätssteigerung ergibt, die die Zilienbewegungen erlahmen läßt [6, 8]. Folgen sind Anhäufung und Vermehrung belebter Krankheitsursachen im Respirationstrakt, Infiltration auch tieferer Gewebsschichten, eventuell hämatogene Streuung – Allgemeinerkrankung.

Die bei üblichen Heizverfahren drohende Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit zu korrigieren, scheint diesen Erkenntnissen gemäß, aber auch aus anderen Gründen eine erwünschte präventivmedizinische Maßnahme zu sein. Diverse Gruppen experimenteller Mikrobiologen haben eine längere Überlebenszeit gewisser Erreger in trockenem Milieu festgestellt. Bei mittlerer relativer Feuchtigkeit der Luft – 50% – erwiesen sich beispielsweise im Mäuseversuch Influenzavirus-Stämme hingegen viel rascher inaktiv, so daß Tröpfcheninfektionen erheblich seltener waren [1, 9]. Dieselbe Feststellung gilt für den Erreger der cerebrospinalen Meningitis im tropischen Afrika [10] an menschlichen Kollektiven und für wiederum tierexperimentelle Untersuchungen mit Streptokokken-beladenen Aerosolen [11].

Damit scheint nicht nur die Beeinträchtigung der natürlichen Resistenz des Wirtes, sondern auch die Erhöhung der Überlebenszeit und damit die gesteigerte Kontagiosität pathogener Mikroorganismen durch Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit unter bestimmte Werte manipulierbar zu sein. Entsprechende Maßnahmen stehen deshalb bei der Verhütung gewisser infektiöser Erkrankungen, unter ihnen der häufigsten überhaupt: der banalen Erkältung, im Zentrum des Interesses.

Die Motivation zu Studien wie der nachfolgend mitgeteilten liegt auch von medizinisch-soziologischen und ökonomischen Gesichtspunkten aus nahe: Kein anderer pathologischer Zustand scheint eine Nation soviel wie die banalen

Erkältungskrankheiten zu kosten. In den USA wurde im Rahmen der «Common Cold Foundation» errechnet, daß Streikmaßnahmen für die Industrie nur etwa 20% der materiellen Einbussen bewirken im Vergleich zu den Arbeitsausfällen durch grippale Infekte und ähnliche Affektionen [12].

Daß die Verhältnisse, ob eine Infektionskrankheit manifest wird oder nicht, nicht nur unter einem singulären Gesichtspunkt wie dem hier diskutierten, der relativen Luftfeuchtigkeit erörtert werden können, ist naheliegend. Mannigfaltige andere Faktoren, beispielsweise die Immunitätslage der noch gesunden Probanden, spielen eine ebenso wesentliche Rolle, desgleichen Umweltfaktoren, wie Kleidung, meteorologische Einflüsse u.a.m.

Bei Kleinkindern (4- bis 6jährigen) hat die Auseinandersetzung mit belebten Krankheitsursachen und damit der Aufbau einer genügenden Immunität erst in geringem Maße stattgefunden. Vorausgesetzt, daß übrige Einflüsse durch Vergleich mit einem ökologisch beurteilt identischen Kollektiv möglichst ausgeschaltet wären, schien uns die Bearbeitung allfälliger Effekte künstlich auf optimale Werte befeuchteter Raumluft auf die Morbidität an Erkältungen bei einem solchen Kollektiv sinnvoll. Infekte der oberen Luftwege sind nachgewiesenermaßen beim Kind häufiger als beim älteren Individuum, u.a. weil die Körpermasse als Kältepuffer für die inneren Organe funktioniert, ein Tatbestand, der beim Kinde notwendigerweise weniger gegeben ist, so daß seine Wärmebilanz Störungen eher unterliegt. Gegenwärtig ist das Problem, die Luft in geheizten Räumen künstlich mit Wasserdampf anzureichern, aktuell, da wirksame Zerstäuber zu erschwinglichem Preis erhältlich sind [13, 14]; dies zumindest, solange die Methode der Wahl, die Zufuhr von auf das zuträgliche Maß erwärmter *und* befeuchteter Luft, noch nicht realisiert ist.

Methode der Erhebung

In Basel besuchen über 90% der vorschulpflichtigen Kinder einen Kindergarten. Sie halten sich dort im allgemeinen wochentags 4 bis 5 Stunden auf. Zu unserer Untersuchung wurden 5 sogenannte Doppelkindergärten benutzt, d.h. 5 Areale mit je zwei voneinander getrennten Pavillons, die jeder von im Mittel 21 Kindern besucht waren. In je einem Lokal des Doppelkindergartens war ein effektiver Wasserzerstäuber installiert (Leistung = 0,5 l H₂O/Std. oder mehr), der während der Präsenzzeit in Betrieb stand, so daß ein Nebel feinsten Wassertröpfchen von einer rotierenden Scheibe abgeschleudert wurde¹. Die Wirksamkeit der Apparate wurde durch permanente hygrometrische Messungen zusammen mit der Raumtemperatur graphisch registriert. Der Vergleichskindergarten,

¹ Unser bester Dank für verständnisvolle und tatkräftige Unterstützung sei der Vorsteherin der baselstädtischen Kindergärten, Frau *Rosemarie Zeltner*, sowie den Fachleuten der zuständigen Departemente (Erziehung und Bau) ausgesprochen.

der – jeweils im übrigen gleich ausgestattet und von Kindern desselben Stadtquartiers besucht – ohne künstliche Luftbefeuchtung blieb, erhielt keinerlei mit Wasserdampf angereicherte Luft aus dem ersterwähnten Lokal, was ebenfalls durch während 14 Tagen durchgeführte Hygrometrie kontrolliert wurde.

Eltern und Kinder waren über die Zielsetzung der Maßnahme nicht informiert. Die Kindergärtnerinnen aller 10 Lokale erhielten den Auftrag, uns im Rahmen eines seit Jahren an die Schulleitung zuhanden der Schulärzte zu erstattenden Morbiditätsrapportes zusätzlich auch über Vakanzen durch Erkältungssymptome (Husten, Schnupfen, Halsschmerzen, Fieber unklarer Genese) entsprechende schriftliche Mitteilungen zu machen. Die Studie dauerte 9 Wochen (Januar bis anfangs März 1965). Auf die Prüfung von Geräten, deren «Wirkung» auf sogenannter natürlicher Wasserverdunstung beruht, haben wir verzichtet, da auf diese Weise nur sehr bescheidene Luftfeuchtigkeitszunahmen, abhängig von der pro Raumeinheit eingesetzten verdunstenden Löschpapierfläche bis gegen 3 relative Prozente, erzielt werden [13].

Ergebnisse

Die Temperaturmessungen ergaben für die Kindergartenlokale mit Luftbefeuchtung einen mittleren Tageswert von 22,2°C, in den der Kontrolle dienenden Räumlichkeiten 21,9°C. Da die Heizung, wenn nicht ferngesteuert, von derselben Instanz bedient wird, waren auch keine nennenswerten Unterschiede zwischen den an sich hohen Werten zu erwarten.

Die relative Luftfeuchtigkeit schwankte um einige Prozente im Tagesablauf. Aus den uns vorgelegten Aufzeichnungen ließen sich Mittelwerte errechnen. Sie betragen für die künstlich befeuchteten Lokale 49 relative Prozent, für die Kontrollräume 40 relative Prozent. Die Hygrographen wurden jeweils am Wochenbeginn geeicht.

Die Präsenztage bei maximalem Besuch (Plansoll) und die wegen Erkältung ausgefallenen Tage gehen, nach Kindergärten gegliedert, aus der ersten Tabelle hervor. Es zeigt sich bei immerhin erheblicher Schwankungsbreite, daß in den künstlich auf rund 50 relative Prozent Luftfeuchtigkeit angereicherten Kindergärten 3,0% der theoretisch möglichen Präsenztage durch Erkältungssymptome «ausfielen». Der analoge Wert bei den relativ trockeneren Lokalen betrug hingegen 5,7%.

Zusammenfassend geht hervor, daß in den 5 Kindergärten mit Kaltdampfverneblern, deren *maximale Belegung während der Untersuchungszeit* 6306 Präsenztagen entsprochen hätte, total 195 «Erkältungstage» registriert wurden, währenddem in den entsprechenden 5 Kontrollkindergärten mit maximal 5910 Präsenztagen 338 «Erkältungstage» festgestellt wurden.

Tabelle 1 Maximale und durch Erkältungssymptome ausgefallene Präsenztage in 10 Kindergärten mit bzw. ohne Luftbefeuchtung (total 232 Kinder, 12 216 Beobachtungstage)

Kindergärten	Künstliche Luftbefeuchtung	Maximale Belegung (Tage)	Fehlen durch Erkältung (Tage)
1 A	Ja	1092	17
1 B	Nein	1254	95
2 A	Ja	1332	49
2 B	Nein	1176	37
3 A	Ja	1362	59
3 B	Nein	960	73
4 A	Ja	1236	26
4 B	Nein	1164	35
5 A	Ja	1284	44
5 B	Nein	1356	98
A in %	Ja	= 100	3,0
B in %	Nein	= 100	5,7

Die statistische Auswertung dieser Befunde erfolgte mittels des χ^2 -Tests (Tabelle 2).

Tabelle 2 Kontingenztafel – χ^2 -Test

	Präsenztage (Plansoll)	« Erkältungstage »	
Kindergärten mit künstlicher Luftbefeuchtung	6 306	195	6 501
Kontroll-Kindergärten	5 910	338	6 248
	12 216	533	12 749

Bei einem kritischen χ^2 -Wert von 3,84 für $2\alpha = 0,05$ war χ^2 empirisch > 46 , so daß die erhaltenen Unterschiede als gesichert zu gelten haben.

Diskussion

Die erhobenen Befunde lassen einen infektiöswidrigen Effekt durch künstliche Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit von 40 auf rund 50% bei Kindergartenkindern unter den gegebenen Umständen bejahen. Daß Vertreter des Lehrkörpers mit berufsbedingter starker Belastung der Stimmorgane eventuell von solchen präventivmedizinischen Maßnahmen gleichfalls Nutzen ziehen würden, darf als wahrscheinlich erachtet werden.

Die in Tabelle 1 demonstrierte Streuung innerhalb der Kindergärten einer Reihe (A oder B) kann mindestens teilweise durch individuelle Unterschiede erklärt werden, z.B. die variable relative Unfähigkeit der nasalen Schleimhäute, trockene Atemluft genügend zu befeuchten. Hinzu kommt der Tatbestand, daß die Symptome leichter bis mäßiger Erkältungen, worum es sich im wesentlichen handelte, im allgemeinen kein absolut zwingender Anlaß sind, ein Kind zu Hause zu behalten, so daß hier Fragen des subjektiven Ermessens bei Mutter und Kindergärtnerin eventuell als zusätzliches Irrtumsrisiko in dieser Erhebung Platz finden.

Wesentlich ist u.E., daß die künstliche Luftbefeuchtung nur bis 50 relative Prozent stattfand. Werte über 60% können zur Durchfeuchtung der Kleidung führen, die Wärme alsdann gut leitet, was die Gefahr der Abkühlung der Körperoberfläche mit sich bringt.

Vorschnelle Verallgemeinerungen des gewonnenen Ergebnisses, handelt es sich doch um die erste Beobachtung, die den definitiven Nachweis der gesundheitsfördernden Wirkung durch künstliche Luftbefeuchtung an einem repräsentativen menschlichen Kollektiv zu erbringen scheint, möchten wir nicht vertreten. Es mag sein, daß der ziemlich milde Winter während der Untersuchungsperiode, der schroffe Temperaturwechsel beim Verlassen der Kindergartenlokale ausschloß, allfällige negative Wirkungen der untersuchten Maßnahme verhinderte; ein Umstand, der in andern Jahren zu abweichenden Ergebnissen führen könnte. Schließlich läßt sich die Totalität der Erfordernisse, die an ein gesundes Raumklima zu stellen sind, nicht als einfache Formel ausdrücken, so daß auch solitäre Maßnahmen – hier die Verbesserung des Wasserdampfgehalts der Raumluft für Kleinkinder – kaum jeglichem infektionsbegünstigendem Umstand wirksam Gegenpart leisten können.

Leider ist es gegenwärtig Mode, daß pseudogebildete Laien auf ihre Weise auch medizinische, speziell präventivmedizinische Probleme beurteilen. Parallel hierzu nimmt die Tendenz zu, womöglich jeglichen krankhaften Zustand als die Folge widriger äußerer Umstände, am besten als «Arbeitsunfall», zu werten. Vieles erscheint dem einfachen Intellekt glaubwürdig, und mancher äußert sich zu Dingen, über die ihm von rechtens kein Urteil zustände.

Aus solchen Erwägungen möchten wir trotz unserer hier mitgeteilten Befunde die recht verbreitete Bereitschaft innerhalb der Bevölkerung und auch Vertretern des Lehrkörpers unserer Schulen, den klimatischen Verhältnissen im Schulzimmer für die im Winter steigende Frequenz von Erkältungssymptomen die Alleinschuld zu geben, nicht ohne weiteres teilen. Um einwandfreie Folgerungen zur hier diskutierten Frage ziehen zu können, wären möglichst zahlreiche zusätzliche Faktoren näher, wiederholt und in wechselnder Kombination in Betracht zu ziehen. Aber sogenannten zivilisatorischen Errungenschaften, nur weil sie neu sind, bedingungslos Verfallene sind selten fähig, diesen Neuheiten oder Erfindungen kritisch zu begegnen; viel häufiger findet

sich bei dem modernen Menschen eine Staunen erregende Anpassungsfähigkeit an die neuen Lebensbedingungen, die solche Erfindungen mit sich bringen.

Auch scheint uns auffällig, in wie hohem Maß an öffentliche «Mankos» kritischere Maßstäbe angelegt werden als an der eigenen Kontrolle unterstehende häusliche Gegebenheiten. «Undiszipliniertes Denken» auch hier, wäre man geneigt, mit *Eugen Bleuler* [15] zu sagen.

So meinen wir abschließend, daß ein letztes Wort zum Für und Wider die künstliche Raumluftbefeuchtung noch nicht gesprochen werden kann; wer aber für wenige Stunden tagsüber die künstliche Raumluftbefeuchtung als notwendig erachtet und von der Öffentlichkeit fordert, der sollte zu Hause, zumal im Schlaf- und Spielzimmer seiner Kinder, das ungleich länger als Aufenthaltsraum zur Winterszeit dient, ein gegenüber den Behörden so dringlich geäußertes Postulat zuerst verwirklichen.

Literatur

- [1] *Hemmes J., Winkler K. und Kool S.*: Nature 1960, S. 430.
- [2] *Dingle J.*: Tr. A. Am. Physicians 62, 99 (1949).
- [3] *Rogers L.*: J. State Med. 33, 501 (1925).
- [4] *Koelsch F.*: Lehrbuch der Arbeitshygiene Bd. I, Ferd. Enke-Verlag, Stuttgart 1954.
- [5] *Grandjean E.*: Z. Präventivmed. 7, 405 (1962)
- [6] *Frischknecht W.*: Méd. et Hygiène 19, 167 (1961).
- [7] *Grandjean E. und Rhiner A.*: Gesundh.-Ingenieur 84, 362 (1963).
- [8] *Proetz A.*: Ann. Otol. (St. Louis) 65, 376 (1956).
- [9] Leading Article: The Lancet 1960, S. 1125.
- [10] *Waddy B.*: The Lancet 1952, S. 674.
- [11] *Loosli C., Lemon H., Robertson O. und Appel F.*: Proc. Soc. Biol. N.Y. 53, 205 (1943).
- [12] *Lubart J.*: N. Y. State J. Med. 1962, S. 816.
- [13] *Grandjean E. und Rhiner A.*: Arch. Hyg. und Bakt. 148, 200 (1964).
- [14] *Deuber A.*: Z. Präventivmed. 9, 274 (1964).
- [15] *Bleuler E.*: Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963.

Anschrift des Verfassers: PD Dr. med. *Günther Ritzel*, Hauptschularzt Basel-Stadt, St. Alban-Vorstadt 19, 4000 Basel.