

- wesentlich mehr interessierende Sterilkakao gekennzeichnet wird.
- 18) Die Regelung des § 4 Abs. 3 MERzVO hätte also eigentlich lauten müssen, daß § 4 Abs. 1 insoweit nicht gilt, als die LMKVO für Milch- und Sahnedauerwaren eine entsprechende Kennzeichnungsregelung getroffen hat. Es sollte nur insoweit der Satz ausgeschaltet werden, daß die später erlassene VO den Vorrang hat.
 - 19) Man könnte die Ergänzung der Lücke daher nach den Grundsätzen der Gesetzes-(Einzel-)analogie wie der Rechts-(Gesamt-)analogie oder beidem vornehmen; vgl. hierzu *Obermayer*, NJW. 1966, 1890.
 - 20) Vgl. hierzu insbesondere *Larenz*, Methodenlehre, S. 360 ff. mit weiteren Nachweisen.
 - 21) Vgl. wegen der Einzelheiten meinen Kommentar zur VO über Milcherzeugnisse (Verlag Th. Mann, Hildesheim), Anm. 24 ff., 43 ff. und 50 ff. zu § 4.
 - 22) Hinzukommt, daß die Sonderregelung der Kennzeichnung bei Dauererzeugnissen sich als Ausnahmeverordnung charakterisiert; bei solchen ist eine Analogie ausgeschlossen, wenn die in der VO vorgesehenen Ausnahmen als streng in sich geschlossene Sonderfälle aufzufassen sind (vgl. BGHZ 2, 306; *Canaris* a. a. O. S. 16; BAG in NJW. 69, 75; *Larenz* S. 239), was hier der Fall ist.
 - 23) Diese Bestimmungen unterscheiden nur zwischen Milchlischerzeugnissen und anderen Milcherzeugnissen; andere Unterscheidungen sind hier bedeutungslos.
 - 24) Die Vorschrift wäre dann mangels einer gesetzlichen Ermächtigung und wegen Fehlens eines Hinweises auf die Rechtsgrundlage unwirksam; vgl. *Maunz-Dürig*, Grundgesetz, Kommentar, Rdnr. 11 und 12 zu Art. 80. Diese Konsequenz hat sicher dem VOgeber fernzulegen.
 - 25) Die der LMKVO unterliegenden Erzeugnisse werden nicht unter Verwendung von Milchsäurebakterien hergestellt.
 - 26) Hier handelt es sich um eine Auslegung, die sich auf den Randbereich des möglichen Wortsinns (hier des Wortes „Sterilmilch“) ausdehnt; vgl. *Larenz* S. 328 mit weiteren Nachweisen.
 - 27) Vgl. zu dem Problem der Gruppenerzeugnisse auch meinen Kommentar a. a. O., Anm. 4 der Einleitung, 19 ff. zu § 4 und die Anm. zur Anlage der MERzVO.
 - 28) Vgl. auch Anm. 89 zu § 4 des Kommentars der MERzVO.
 - 29) A. A. bin ich in Anm. 89 zu § 4 des Kommentars aus der Erwägung, daß die Standardsorten enger mit den Dauerwaren der LMKVO verwandt sind, eine Ansicht, die näherer Nachprüfung nicht standhält.
 - 30) Zumal zur eingedickten Milch im Sinne der LMKVO in Übereinstimmung mit § Nr. 11c) der 1. AVO a. F. nicht die gezuckerte Kondensmagermilch gehört, also nicht ersichtlich ist, nach welchen Sorten sich die Regelung richten soll.
 - 31) Vgl. Anm. 29.
 - 32) Das ergibt sich aus Art. 103 Abs. 2 Grundgesetz und § 2 StGB, die es dem Richter versagen, neue Deliktstatbestände zu schaffen oder vorhandene zuungunsten des Täters auszuweiten; vgl. *Schönke-Schröder* a. a. O., Rdnr. 8 und 45 zu § 2 StGB; BGHSt. 8, 70.
 - 33) Vgl. Anm. 24.
 - 34) Eine ausreichende Zeit für eine Änderung der MERzVO, die auch die Änderung der LMKVO enthalten könnte, steht noch zur Verfügung, weil die Übergangsvorschrift der MERzVO für Dauererzeugnisse nach § 10 Abs. 2 am 1. 8. 72 und die Übergangsvorschrift für Milch- und Sahnedauerwaren nach Art. 5 Abs. 2 der ÄnderungsVO zur LMKVO am 1. 7. 72 abläuft.

Über die Faktoren der Schimmelfektion des Brotes während der Lagerung und Verpackung*)

Dr. Gottfried Spicher

Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold

Die Verhütung der Schimmelbildung auf Brot wirft immer wieder Probleme auf. Obwohl auf der einen Seite die verschiedensten Vorkehrungen getroffen werden, um die Infektion des Brotes auszuschalten bzw. einzuengen und auf der anderen Seite dem Brot Schimmelschutzmittel zugegeben werden, wodurch das Anwachsen der nicht zu vermeidenden Restinfektion verhindert werden soll, gelingt es oft nicht, das Verschimmeln des Brotes vollauf zu unterbinden. Offensichtlich reichen diese Aufwendungen noch nicht aus oder es sind nicht alle Faktoren bekannt, die für die Infektion des Brotes und die Wirksamkeit der zu ihrer Verhütung eingeleiteten Maßnahmen bestimmend sind.

Vor allem die modernen Formen der Produktion und des Vertriebs haben die Schimmelfektion ins Spiel gebracht. Solange das Brot als Ganzbrot in den Handel kam und kurze Zeit nach der Fertigstellung zum Konsumenten gelangte, spielte der Verderb durch Schimmelpilze praktisch kaum eine Rolle. Seitdem jedoch das Brot mehr und mehr geschnitten und verpackt verkauft wird, ist der Produzent des Brotes in immer stärkerem Maße gezwungen, sich mit der Verhütung der Schimmelbildung auseinanderzusetzen, denn diese Infektion vermag die Lagerfähigkeit des geschnittenen Brotes beträchtlich einzuengen.

Will man eine angemessene oder gar verlängerte Lagerfähigkeit des verpackten Brotes erreichen, so genügt es

*) Veröffentlichung Nr. 3807 der BfG, Detmold.

nicht allein, die Bedingungen der Entwicklung und der Vermehrung von Schimmelpilzen zu kennen und die Lagerung des Brotes dementsprechend einzurichten. Um sich der Schimmelbildung erfolgreich zu erwehren, bedarf es gleichwohl aller Anstrengungen schon von vornherein, die Infektion durch Schimmelkeime weitestgehend einzuengen.

Die Verunreinigung eines Backproduktes mit Schimmelpilzen kann — je nach der Struktur eines Betriebes und den hygienischen Verhältnissen — vielfältigen Ursprungs sein. Sie teilt sich dem Produkt vornehmlich auf zwei Wegen mit:

— direkt (Kontaktinfektion) durch Übertragung von Sporen bei Berührung des Produktes mit verschmutzten Oberflächen

— indirekt (Luftinfektion), auf dem Wege über die Luft der Lager- und Betriebsräume.

Unzweifelhaft wird ein jeder Betrieb bestrebt sein, eine Infektion des Brotes und der Backwaren mit Schimmelpilzen zu vermeiden und stets sein Augenmerk auf die Erkennung und Ausschaltung möglicher Quellen mikrobieller Verunreinigung richten. Die eingeleiteten Maßnahmen der allgemeinen Betriebshygiene tragen jedoch vornehmlich der Verhinderung von Kontaktinfektionen Rechnung. Demgegenüber findet die indirekte Infektion des Brotes durch die Luft zumeist nicht die gebührende Beachtung und Eingrenzung. Beobachtungen in Brotfabriken und Bäckereien lehren, daß die Infektion von Brot und Backwaren mit Schimmelpilzen in entscheidendem Maße durch die Luft übertragen wird. Nach eigenen Ermittlungen über die z. T. bereits berichtet wurde (*Spicher*, 1965), kann die Luft in den Betriebs- und Lagerräumen von Backbetrieben je m³ mit bis zu 50 000 Schimmelpilzsporen belastet sein.

A) Vergleichende Untersuchungen über die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verminderung des Keimgehaltes der Raumluft

Zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft in Lebensmittelbetrieben und Unterbrechung des Transportes bzw. der Einschleppung mikrobieller Keime, bieten sich die verschiedensten Maßnahmen an. Von ihnen finden in den Produktionsstätten des Brotes vornehmlich

- die Bestrahlung der Luft mit UV-Licht,
- die elektrostatische Abscheidung der Mikroorganismen und
- die Abscheidung der Schimmelpilze durch Filterung der Luft *Wirdfilter*

Anwendung. Über die Wirksamkeit dieser Maßnahmen bestehen allerdings recht unterschiedliche Ansichten. Dies mag vor allem darin begründet sein, daß die getroffenen Aussagen vornehmlich indirekt, anhand des vom Händler oder Kunden zurückgegebenen Anteiles verschimmelter Brotpackungen gewonnen wurden, nicht jedoch durch direkte Untersuchungen am Ort der Anwendung der Maßnahme zur Keimreduktion. Es lag somit nahe, einmal eine Erhebung über das Auftreten von Schimmelpilzen in Brotfabriken anzustellen, unter besonderer Berücksichtigung von Betrieben, die durch Einsatz der erwähnten Systeme eine Verringerung der Belastung der Raumluft mit mikrobiellen Keimen anstreben. Ein Vergleich der unter einheitlichen Untersuchungsbedingungen ermittelten Befunde dürfte sodann einen zuverlässigeren Aufschluß geben über die Möglichkeiten der Keimreduktion in Bäckereibetrieben und über die Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden Maßnahmen.

1. Einrichtungen zur Bestrahlung der Luft mit UV-Licht

Zur Verminderung des Keimgehaltes der Raumluft wird vorzugsweise die bakterizide Wirkung der ultravioletten Strahlen, deren Spektralbereich von 250 bis 270 $m\mu$ wirksam ist, genutzt. Dies kann durch Direktbestrahlung der den Räumen zugeführten Frischluft oder durch indirekte Bestrahlung der Raumluft geschehen. In drei der Betriebe, zu denen wir bislang Zugang hatten, waren ausschließlich Einrichtungen zur direkten Bestrahlung im Lagerraum für Ganzbrot,

Tabelle 1

Keimgehalt der Luft in Betriebs- und Lagerräumen von Brotfabriken, in denen UV-Lampen installiert sind.

| Untersuchungsstelle: Betrieb | Schimmelpilze Mittelwert | je cbm Luft Extremwerte | |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|
| Lagerraum für Ganzbrot: | | | |
| G* | 100 | 60 | 120 |
| G | 165 | 120 | 240 |
| E | 715 | 100 | 2800 |
| Q | 911 | 280 | 1867 |
| Verpackungsstelle für Ganzbrot: | | | |
| E | 840 | 340 | 2600 |
| Brotschneide- und Verpackungsanlage: | | | |
| E | 325 | 120 | 940 |
| G | 575 | 400 | 1200 |
| Q | 843 | 300 | 1280 |

Anmerkung: * = Zusätzliche Kühlung des Lagerraumes.

an der Stelle der Verpackung für Ganzbrot und im Bereich der Brotschneide- und Verpackungsanlage vorhanden. Der mittlere Keimgehalt der Luft dieser Bereiche bewegte sich in den Grenzen von 100 und 911 Schimmelsporen je m^3 . Während der zumeist über 8 bis 10 Stunden andauernden Messungen traten gelegentlich jedoch Keimzahlen bis zu 2 800 Sporen je m^3 Luft auf (Tabelle 1).

Hinsichtlich der in verschiedenen Bereichen der einzelnen Betriebe nachgewiesenen mittleren Keimgehalte und der beobachteten Schwankungen in der Verunreinigung der Luft mit Schimmelpilzen bot sich in den Lagerräumen für Ganzbrot und in den Brotschneide- und Verpackungsräumen teils eine gleichartige Situation (Betrieb Q), teils war die höhere Belastung der Luft mit Schimmelpilzen im Brotschneide- und Verpackungsraum anzutreffen (Betrieb G), teils aber auch im Lagerraum für Ganzbrot (Betrieb E).

2. Einrichtung zur elektrostatischen Keimabscheidung

Neuerdings ist man verschiedentlich auch dazu übergegangen, den Keimgehalt der Luft durch Erzeugung von Gleichstromfeldern zu reduzieren. In einem Hochspannungsfeld erhalten Aerosolpartikel — unter ihnen auch die Sporen der Schimmelpilze — eine elektrische Ladung, werden anschließend an entgegengesetzt geladenen Metallflächen niedergeschlagen und so kontinuierlich aus der Luft entfernt.

Es war uns bislang möglich, in vier Betrieben, die eine auf diesem Prinzip beruhende Anlage im Lagerraum für Ganzbrot, an der Stelle der Verpackung für Ganzbrot oder über den Maschinen, die das Schneiden und Verpacken des Brotes vornehmen, eingebaut hatten, Untersuchungen über den Keimgehalt der Luft durchzuführen. Wie Tabelle 2 zeigt, streuen die nach-

Tabelle 2

Keimgehalt der Luft in Betriebs- und Lagerräumen von Brotfabriken, in denen elektrostatische Decken installiert sind.

| Untersuchungsstelle: Betrieb | Schimmelpilze Mittelwert | je cbm Luft Extremwerte | |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------|
| Lagerraum für Ganzbrot: | | | |
| H | 130 | 80 | 240 |
| I | 2505 | 825 | 5225 |
| Verpackungsstelle für Ganzbrot: | | | |
| I* | 850 | 200 | 2500 |
| E | 1355 | 140 | 10000 |
| I | 2715 | 400 | 11800 |
| Brotschneide- und Verpackungsanlage: | | | |
| H | 400 | 25 | 1000 |
| M | 4426 | 820 | 16700 |

Anmerkung: Betrieb I = Verpackung von Feinbackwaren; * = Zusätzliche Ausrüstung mit vier Neg.-Ionen-Erzeugern.

gewiesenen Schimmelpilzkeimzahlen im allgemeinen in einem etwas weiteren Bereich als in Betrieben, deren Räume mit UV-Lampen ausgerüstet waren. Der mittlere Keimgehalt bewegte sich somit zwischen 130 Keimen und 4.426 Keime je m^3 Luft, wohingegen die Einzelwerte z. T. bis auf 25 Keime je m^3 Raumluft absanken, z. T. jedoch bis auf 16 700 Keime je m^3 Luft anstiegen. Die Lage der Mittelwerte innerhalb des angedeuteten Schwankungsbereiches läßt allerdings er-

kennen, daß es sich bei Keimgehalten oberhalb von 5 000 zumeist um Einzelwerte handelt. Auf der anderen Seite vermitteln die bisherigen Befunde den Hinweis, daß auch in Betrieben, deren Räume mit elektrostatischen Decken ausgerüstet sind, eine deutliche Abstufung besteht hinsichtlich des mittleren Keimgehaltes und der Weite der Schwankung der mikrobiellen Verunreinigung im Lagerraum für Ganzbrot einerseits und an der Verpackungsstelle für Ganzbrot (Betrieb I) bzw. im Bereich der Brotschneide- und Verpackungsanlage (Betrieb H) andererseits.

3. Einrichtungen zur Keimabscheidung durch Filterung der Luft

Für die Verhältnisse in vollklimatisierten Betrieben können wir noch keine Belege vorweisen. Lediglich in einem der untersuchten Betriebe waren zwei Lagerräume für Ganzbrot eingerichtet worden, die mit gefilterter Frischluft belüftet wurden. Während in einem der Räume eine Temperatur von 24 bis 25° C herrschte, erfolgte im anderen Falle eine zusätzliche Kühlung der zugeführten Luft, woraus eine Raumtemperatur von 8 bis 11° C resultierte (Tabelle 3). Die Keimgehalte der Luft in dem Brotlagerraum, dessen Temperatur nicht reguliert wurde, waren relativ hoch. Sie bewegten sich in etwa in den Grenzen, die im ungünstigsten Fall in Lagerräumen mit installierten elektrostatischen Decken vorgefunden wurden (Tabelle 2, Betrieb I). Demgegenüber traten in der Luft des gekühlten Brotlagerraumes deutlich geringere Verunreinigungen auf, wenn auch in einem relativ weiten Schwankungsbereich.

Tabelle 3

Keimgehalt der Luft in Betriebs- und Lagerräumen von Brotfabriken, die durch Filterung gereinigt wurde.

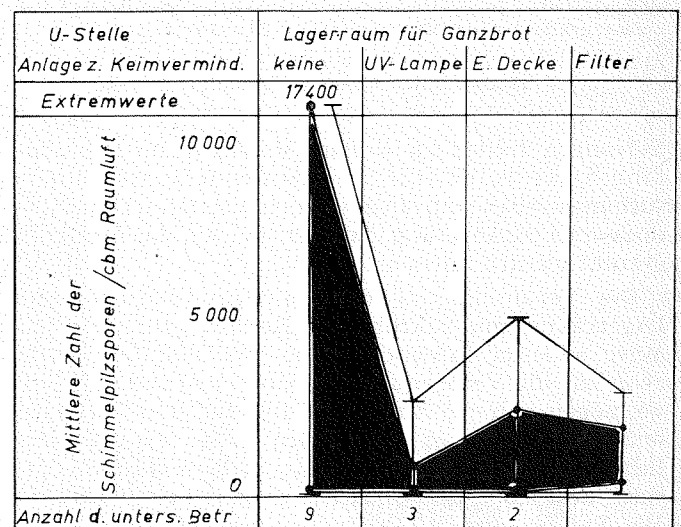
| Untersuchungsstelle: Betrieb | Schimmelpilze Mittelwert | je cbm Luft Extremwerte | |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|
| Lagerraum für Ganzbrot: | | | |
| S | | | |
| Temperatur: 24—25° C | 2112 | 1000 | 3000 |
| Temperatur: 8—11° C | 305 | 80 | 950 |
| Brotfließband: | | | |
| E | | | |
| ohne Luftzufuhr | 1244 | 245 | 3460 |
| Zufuhr ungefilterter Luft | 735 | 140 | 2400 |
| Zufuhr gefilterter Luft | 160 | 20 | 500 |

Über ein weiteres Beispiel zur Frage der Wirksamkeit der Abscheidung von Schimmelpilzkeimen durch Filterung der zugeführten Luft ist in einem anderen Zusammenhang (Spicher, 1967) bereits berichtet worden. Es handelt sich um die Kühlung von Brot auf einem Fließband bei ruhender Luft, sowie bei Zufuhr eines Stromes ungefilterter und gefilterter Frischluft, die der freien Atmosphäre außerhalb des Betriebes entnommen wurde. Diese Untersuchungen zeigen einerseits, daß die Luft in der Nähe der Untersuchungsstelle eine beträchtlich höhere Belastung mit mikrobiellen Keimen aufwies als die Außenluft (Tabelle 3). Insbesondere aber lassen sie die Möglichkeiten erkennen, die noch gegeben sind, um den Keimgehalt der Luft innerhalb eines Betriebes zu reduzieren, wenn entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Bei Kühlung mit gefilterter Luft waren die Brote im Mittel nur einem Achtel der Zahl der Schimmelkeime aus-

gesetzt — in den Extremen sogar nur einem Siebentel bis zu einem Zwölftel — die bei Ausbleiben dieser Maßnahme zu erwarten ist.

B) Faktoren, die die Verbreitung von Schimmelsporen innerhalb eines Betriebes und die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft beeinflussen.

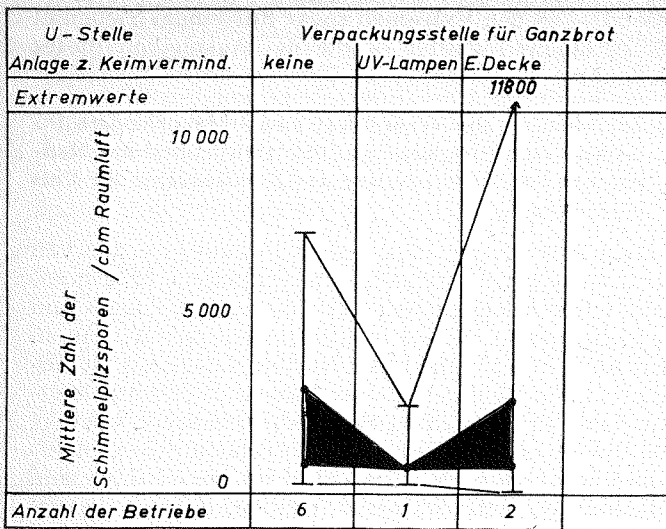
Nach Aussage der dargelegten Befunde werden von der Brotindustrie vielseitige Bemühungen unternommen, um den Keimgehalt der Luft in den Lager- und Betriebsräumen auf ein möglichst niedriges Niveau zu senken. Die auf einen Arbeitstag bezogenen durchschnittlichen Keimgehalte der Raumluft bestätigen zumeist den Erfolg. Jedoch darf nicht übersehen werden, daß die gegen die Infektion des Brotes mit Schimmelpilzen errichteten Barrieren nicht unüberwindlich sind und zeitweilig durchbrochen werden, denn in gewissen Bereichen verschiedener Betriebe traten extreme Schwankungen der Meßwerte auf. Offensichtlich wird durch nicht richtige Einschätzung oder aus Unkenntnis der Bedeutung der beeinflussenden Faktoren die volle Wirksamkeit der verschiedensten Maßnahmen zur Keimverminderung nicht genutzt oder durch fehlerhafte Anwendung unterbunden. Für diesen Befund ergeben sich weitere Anhaltspunkte, wenn die Verhältnisse in Betrieben ohne besondere Einrichtungen zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft zum Vergleich hinzugezogen werden. Obwohl der mittlere tageszeitliche Luftkeimgehalt in dieser Gruppe von Betrieben einen beträchtlich größeren Bereich umspannt, kommt die untere Grenze aufgefundener mittlerer Schimmelpilzkeimzahlen durchaus den Werten gleich, die im günstigsten Fall bei Betrieben nachzuweisen waren, die mit UV-Anlagen oder elektrostatischen Decken ausgerüstet sind. Diese Feststellung trifft sowohl für Lagerräume zu (Abbildung 1), wie auch für Brotschneide- und Verpackungsräume (Abbildung 2 bzw. 3).



Zeichenerklärung: • = Mittelwerte; — = Einzelwerte

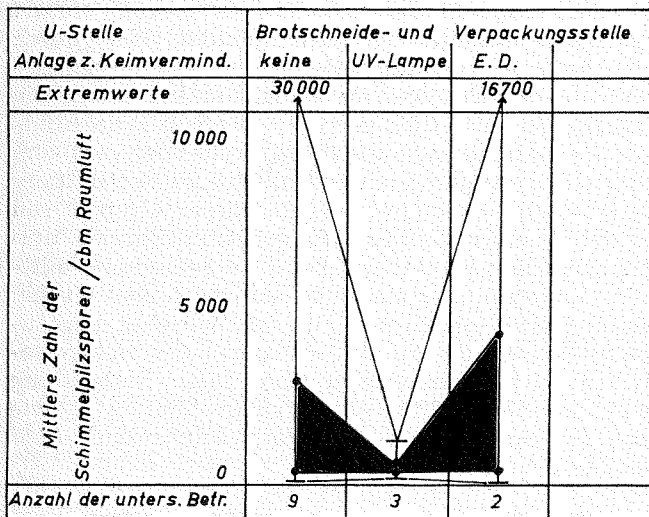
Abb. 1. Keimgehalt der Luft von Brotlagerräumen unterschiedlicher Einrichtung.

Es wäre verfrüht, anhand dieser ersten Befunde bereits eine Aussage über die Wirksamkeit der verschiedenen Einrichtungen zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft und die Ursachen der auftretenden



Zeichenerklärung: • = Mittelwerte; — = Einzelwerte

Abb. 2. Keimgehalt der Luft in Verpackungsräumen für Ganzbrot unterschiedlicher Einrichtung.



Zeichenerklärung: • = Mittelwerte; — = Einzelwerte

Abb. 3. Keimgehalt der Luft von Brotschneide- und Verpackungsräumen unterschiedlicher Einrichtung.

Störungen treffen zu wollen. Verschiedene Beobachtungen, die im Verlauf der Messungen an den Untersuchungsstellen getroffen werden konnten, lassen jedoch eine Mutmaßung darüber zu, wo die Ursachen gesucht werden müssen.

Die Verunreinigung der Luft der Betriebs- und Lagerräume mit mikrobiellen Keimen geht stets von einer anderen Infektionsquelle aus. Die Luft sorgt zwar für die Verbreitung der Schimmelsporen, jedoch vermögen sich die Sporen in diesem Milieu nicht zu entwickeln, denn es stellt ihnen weder die erforderlichen Nährstoffe zur Verfügung, noch ist die stete Zufuhr des lebensnotwendigen Wassers gewährleistet. Die Sporen enthalten selbst auch nur relativ wenig Wasser, sie sind daher gegenüber schädigenden Einflüssen, wie etwa hohen oder niedrigen Temperaturen, Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt der Luft bzw. Austrocknung, sehr widerstandsfähig und vermögen derartige Verhältnisse sehr lange zu überdauern. In trockenerer Umgebung bleiben z. B. Sporen von *Aspergillus*arten mehrere Jahre keimfähig. Wird die Schimmelpilzspore jedoch feucht, dann keimt sie sehr schnell

aus und bildet ein weißes oder farbiges fädiges Geflecht, das sogenannte Myzel. Schon nach kurzer Zeit werden auf diesem Myzel Organe gebildet, die Sporen produzieren. Eine einzige solcher Schimmelsporen — etwa der Art *Aspergillus clavatus* — vermag, wenn sie auf einem geeigneten Substrat auskeimen und ein Myzel bilden kann, innerhalb von 4 Tagen bis zu 50 Millionen Sporen (innerhalb von 6 Tagen etwa 250 Millionen Sporen) zu produzieren (Moreau et al., 1960). Jede dieser Sporen erzeugt wiederum in gleicher Zeit eine entsprechende Menge weiterer Sporen.

Sind die Sporen von den Strukturen, auf denen sie gebildet werden, freigesetzt, so unterliegen sie verschiedenen Einflüssen, die über ihren weiteren Weg entscheiden. Bei ruhender Luft fällt die Spore unter der Wirkung der Schwerkraft langsam zu Boden. Die Endgeschwindigkeit des Falles hängt von ihren Dimensionen ab. Den Ermittlungen verschiedener Autoren zufolge setzen sich die Sporen von Schimmelpilzen mit einer Geschwindigkeit von 0,05 bis zu 3,0 cm pro Sekunde ab.

Daneben sind die physikalischen Faktoren des umgebenden Milieus für das Absetzen der Sporen auf eine Oberfläche bestimmend.

Diese Beziehungen sind gleichfalls recht kompliziert, oft von unterschiedlicher Auswirkung und vielfach noch unvollständig bekannt. Nicht immer resultiert eine Erhöhung der relativen Feuchte der Luft, durch die die Keime fallen, in einer Erhöhung der Fluggeschwindigkeit und nicht immer geht einer steigenden Temperatur eine Abnahme der Fallgeschwindigkeit einher. Die Aufnahme oder der Verlust von Wasser erfolgt bei den Pilzsporen sehr schnell. Die Uredosporen des Schwarzrostes des Weizens (*Puccinia graminis tritici*) etwa verändern bei Übertragung in Luft mit anderer Temperatur und Feuchtigkeit binnen 3 Minuten ihr Volumen und ihr Gewicht. Es liegt auf der Hand, daß sich eine derartige schnelle Reaktion auf die Umweltverhältnisse ganz erheblich auf die Suspension der in der Luft schwebenden Keime auswirken wird.

Unter den Gegebenheiten der für verschiedene Infektionsversuche gewählten Bedingungen und in Brotlagerräumen verschiedener Betriebe der Brotindustrie konnten wir ermitteln, daß sich bei einem Keimgehalt der Luft des Lagerraumes von 85 bis 5000 Schimmelsporen je cbm, nach 1 Stunde auf 100 cm² Brotoberfläche zwischen 10 und 400 der Schimmelsporen abgesetzt hatten (Abbildung 4). Zu einem entsprechenden Befund kam auch Müller (1967) bei Untersuchungen in einer Berliner Großbäckerei. Im Lagerraum dieses Betriebes gingen auf 100 cm² Brotoberfläche je Stunde 94 bis 281 (im Mittel 162) Hefen und Schimmelpilze nieder.

Die Schimmelpilzsporen fallen jedoch nicht nur mehr oder weniger schnell zu Boden, sie unterliegen im weiteren verschiedenen Faktoren, die für ihre Verbreitung sorgen. Innerhalb eines Betriebes werden dafür insbesondere die Fließbedingungen des Luftstromes, die geometrischen Verhältnisse der Öffnungen zwischen benachbarten Räumen, die Unterschiede in der Temperatur und in der Geschwindigkeit zwischen Luftströmungen in aneinandergrenzenden Arbeitsbereichen bzw. Betriebs- und Lagerräumen bestimmend sein. Öffnungen zwischen verschiedenen Räumen, wie etwa Türen und Fenster, können als indirekte Quelle

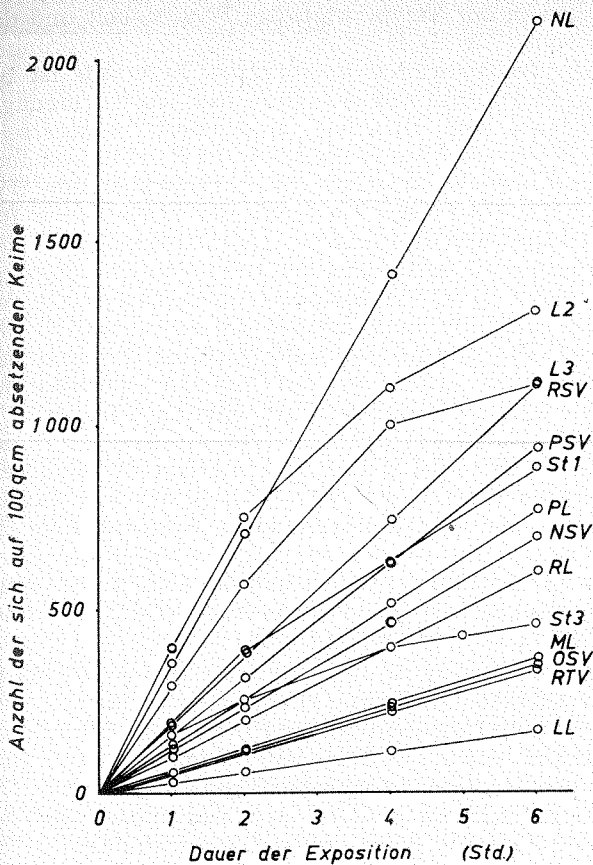


Abb. 4. Verlauf der Infektion einer Brotoberfläche in Räumen mit unterschiedlichem Luftkeimgehalt.

der Verunreinigung mit Mikroorganismen wirken, wenn die Konzentration der Keime in dem angrenzenden Bereich größer ist. Eine Luftbewegung, die etwa beim Öffnen von Türen oder Fenstern auftritt, vermag sogleich den Transport der in der Luft schwebenden Partikel von einem Raum in den anderen einzuleiten. Der Transport einer Luftverunreinigung durch eine Öffnung kann selbst dann erfolgen, wenn eine fühlbare Luftbewegung dabei nicht auftritt.

Dem bislang gewonnenen Bild nach zu urteilen (Spicher, 1967), wird der Ausgangspunkt der Infektion der Raumluft in erster Linie innerhalb des Betriebes zu suchen sein. In der Regel besteht keine Beziehung zwischen der Zusammensetzung und der Höhe der mikrobiellen Verunreinigung der Luft außerhalb des Betriebes einerseits und dem Keimgehalt in den Betriebsräumen andererseits. Diese Beobachtung entspricht der Situation in anderen Zweigen der Lebensmittelindustrie. So konnte u. a. festgestellt werden, daß zwar in der Außenluft von Getränkebetrieben, die innerhalb von Industriegebieten und in der Nähe befahrener Straßen liegen, wesentlich mehr Keime vorhanden sind als bei Betrieben außerhalb von Wohn- und Industriegebieten abseits des Verkehrs, jedoch resultiert daraus keine Auswirkung auf die Verhältnisse innerhalb der Betriebe (Fresenius et al.,

1967). Im Gegenteil, es zeigte sich auch hier, daß in gewissen Arbeitsbereichen, wie etwa in den Füllräumen, beachtlich höhere Keimzahlen anzutreffen sind, als in der Außenluft.

Bereits früher hatten wir aufgezeigt (Spicher, 1967), daß der Luftkeimgehalt im Bereich von Rückständen, Abfällen und Altbrot um das 100- bis 200-fache höher ist als in den Betriebs- und Lagerräumen. Von diesen Stellen nimmt die Infektion der Luft immer wieder ihren Ausgang. Günstige Strömungsverhältnisse vorausgesetzt, so finden die Schimmelsporen innerhalb kürzester Zeit eine Verbreitung über den gesamten Betrieb. Derartige Lagerstellen sind selbst dann eine Gefahr, wenn sie außerhalb des eigentlichen Produktionsbereiches liegen.

Daß die Fluktuation der in der Luft schwebenden Keime recht beträchtlich sein kann, zeigt ein von Poisson (1962) beschriebener Versuch. Besonders markierte Sporen, die von einem verschimmelten Substrat in der ersten Etage eines Gebäudes freigesetzt wurden, waren innerhalb von 10 Minuten in den Räumen der dritten und vierten Etage nachzuweisen. Ein weiteres Beispiel für die schnelle Verbreitung von Schimmelpilzkeimen innerhalb eines baulich umgrenzten Bereiches fiel uns bei der Untersuchung einer Brotfabrik zu (Abbildung 5). Während in dem Brotverpackungsraum die Aufnahme des Keimgehaltes der Luft eingeleitet wurde, begann man, auf der relativ weit entfernten Verladerrampe verschimmeltes Brot, das von den Verkaufsstellen zurückgegeben worden war, zu entladen und den Verpackungen zu entnehmen! Als Folge dieses Vorkommnisses zeigte sich bei den ersten beiden Messungen, die im Abstand von 15 Minuten erfolgten, ein rapider Anstieg des Gehaltes der Luft an Schimmelpilzsporen. Innerhalb dieser Zeit bewegte sich die Keimzahl um das 20- bis 170-fache über den bei den folgenden vier Messungen ermittelten Werten. Hinzukommt, daß während dieser Meßreihe jegliche Tätigkeit in dem Verpackungsraum ruhte. Erst am nächsten Tage erfolgten die Messungen

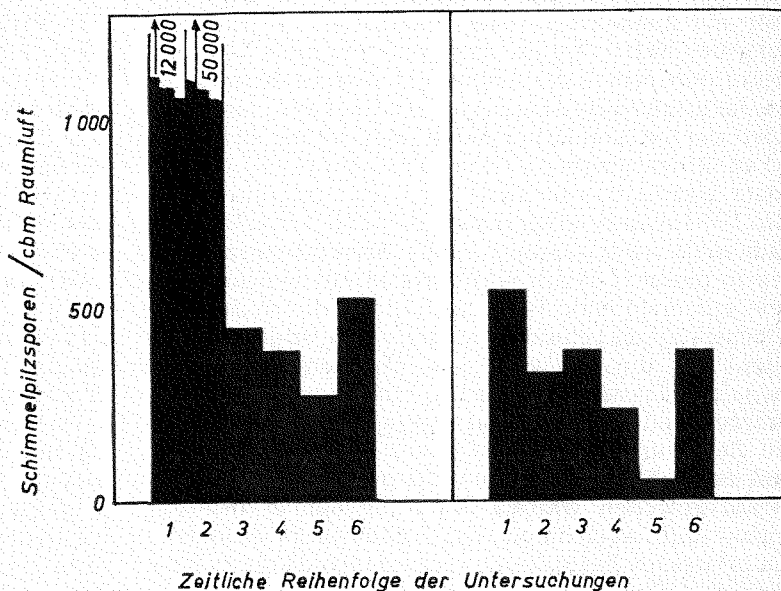


Abb. 5. Verlauf der Schimmelpilzkeimzahlen der Luft im Bereich der Brotverpackung an zwei verschiedenen Tagen (links bei ruhendem Betrieb, rechts bei Betrieb der Verpackungsmaschinen).

bei vollem Einsatz der Verpackungsmaschinen. Die damit verbundenen Arbeitsabläufe bedingten in keinem Falle eine vergleichbare Zunahme im Keimgehalt der Raumluft. Im Gegenteil, es stellten sich zum Teil Werte ein, die unterhalb der Keimzahlen der vorangegangenen Meßreihen lagen. Wenn man in Betracht zieht, daß der Anteil an Schimmelkeimen, der sich innerhalb einer $\frac{1}{2}$ Stunde auf der Oberfläche eines Brotes anfindet, u. U. der Zahl der in einem m^3 Raumluft enthaltenen Sporen entspricht, dann mag deutlich werden, daß selbst ein nur kurzfristiger Anstieg des Luftkeimgehaltes von nachhaltiger Auswirkung auf die Haltbarkeit der diesen Bedingungen ausgesetzten Produktionscharge sein kann.

Ein wichtiger Faktor der mikrobiellen Verunreinigung der Luft, dessen Beachtung im allgemeinen jedoch sehr vernachlässigt wird, ist ebenfalls der Staub tierischen, pflanzlichen oder mineralischen Ursprungs. Der Staub ist stets mit einer mehr oder weniger großen Zahl von Bakterien und Schimmelpilzen beladen.

In den Verpackungsräumen der Milchindustrie z. B. erwiesen sich fast 60 % der in der Luft schwebenden Schimmelpilze an Partikel der Größe zwischen 1,0 und 3,3 $m\mu$ gebunden (Heldman, 1967). Eine weitgehende Staubfreiheit und somit Keimarmut der Luft in Betriebsräumen ist jedoch nur zu erreichen, wenn größte hygienische Anforderungen an den Betrieb und an die Mitarbeiter gestellt werden. Ebenfalls sind Kleidung, die Haut und die Haare von Mensch und Tier reiche Quellen für viele Luftkeime. Das Personal soll daher zu größter Sauberkeit und nach Möglichkeit zum Tragen von Schutzkleidung angehalten werden. Allein schon der unvermeidliche Anteil mikrobieller Verunreinigung, der durch die Tätigkeit des Personals hervorgerufen wird, ist relativ hoch und schwankt während des Arbeitstages recht beträchtlich (Heldman et al., 1964).

Will man sich eines steten Erfolges bei der Bekämpfung der Schimmelfektion des Brotes versichern, so bedarf es auf der anderen Seite auch einer weit stärkeren Beachtung, daß einer jeglichen Maßnahme zur Verminderung des Luftkeimgehaltes der Betriebsräume — sei es die Luftentkeimung mit UV-Strahlen, oder die mechanische oder elektrostatische Abscheidung der Keime — nur dann eine optimale Wirkung beschieden sein kann, wenn die Gegebenheiten, für die die betreffende Anlage projektiert wurde, nicht gestört werden und wenn durch Blockierung der möglichen Infektionswege eine unkontrollierte Zufuhr neuer Keime unterbunden wird. Ist etwa ein Raum mit UV-Lampen ausgerüstet, so wird erwartet, daß nach mehr oder weniger langer Einwirkungszeit bei den in diesem Bereich vorhandenen Mikroorganismen eine zellzerstörende Wirkung auftritt, die sie in ihrer Lebenstätigkeit behindert, schädigt bzw. schließlich abtötet. Für die Abtötung von Mikroorganismen als Folge der Einwirkung des UV-Lichtes wird die sogenannte Treffer-Theorie herangezogen. Demnach muß die Zelle, um die Strahlung absorbieren zu können und deren Einflüssen zu unterliegen, von einem UV-Strahl getroffen werden. Im Falle der in den Betriebs- und Lagerräumen der Brotindustrie eingesetzten indirekten Bestrahlung rechnet man damit, daß die nicht direkt bestrahlte Luft infolge der normalen Luftumwälzung in den direkt bestrahlten Raumteil gehoben und hier entkeimt wird. Auftretende Schwan-

kungen in der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Bewegung der Luft können nachhaltige Änderungen in der Abtötungsrate hervorrufen. Einerseits ist bei höherer Feuchtigkeit der Luft das Durchdringungsvermögen der Strahlen vermindert, andererseits nimmt bei gewissen Luftkeimen die Feuchtigkeit auch Einfluß auf die Empfindlichkeit gegenüber den UV-Strahlen. Messungen, bezüglich der klimatischen Bedingungen, die von uns im Zusammenhang mit den Keimgehaltsermittlungen vorgenommen wurden, zeigten, daß z. B. bei Temperaturen im Brotlagerraum von 17 bis zu 35° C, Schwankungen um ein bis zu 5° C auftreten. Die relative Luftfeuchte dieses Bereiches lag zwischen 53 und 81 % und variierte während der Dauer der Keimgehaltsermittlungen um 2 bis zu 10 % relative Luftfeuchte. Analoge Verhältnisse sind in der Ganzbrotverpackung und in den Schneide- und Verpackungsräumen anzutreffen. Allerdings konnten im Bereich der Ganzbrotverpackung Schwankungen in der rel. Luftfeuchte von bis zu 17 % angetroffen werden. Hinsichtlich der Bewegung der Luft in den Brotlagerräumen konnten Geschwindigkeiten von 0,04 bis zu 2,50 m/sec gemessen werden.

Ebenso vermag die Zufuhr neuer Keime die Wirksamkeit einer UV-Lampe zur Keimverminderung herabzusetzen. Dies nicht nur im Hinblick auf den zahlenmäßigen Anteil eindringender Keime, sondern auch hinsichtlich ihrer artmäßigen Zusammensetzung. Die Mikroorganismen besitzen eine sehr unterschiedliche Empfindlichkeit. Insbesondere Schimmelpilzsporen erweisen sich um 100 bis 1 000 mal resistenter als Bakterien. Nicht zuletzt übt die Färbung der Sporen einen Lichtschutz aus. Ebenso sind Keime, die Staubpartikeln anhaften, sehr stark gegenüber Einwirkungen des UV-Lichtes geschützt. Für das nicht seltene Auftreten derartiger Störungen in Brotlagerräumen wie auch in Schneide- und Verpackungsräumen ergab sich im vorliegenden Zusammenhange mehrfach der Hinweis. Auf den Kulturplatten der Keimzahlbestimmung traten sodann plötzlich in großer Zahl Schimmelpilze auf, die von der über mehrere Stunden der Messung ausgemachten indigenen Schimmelpilzflora des Raumes völlig abwichen und für eine mehr oder weniger lange Zeit das Feld beherrschten.

In analoger Weise dürften die verschiedensten Faktoren auf die Wirksamkeit einer Keimabscheidung durch elektrostatische Prezipitation Einfluß nehmen. Es ist bekannt, daß bei minimalem Luftwiderstand ein hoher Entstaubungsgrad der Luft und damit auch eine Verminderung des Anteiles mikrobieller Partikel erzielt werden kann. Schließlich ist auch die Wirksamkeit des physikalischen Vorganges der Luftfilterung nicht nur von der Art des Filters abhängig, sondern gleichfalls von der Zahl, Größe und elektrischen Ladung der Partikel, von Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Fremdstoffgehalt der Luft und ähnlichen Bedingungen. Bei diesen Einrichtungen ist des weiteren zu beachten, daß sich lebende Keime im Filtermaterial zu vermehren und darin zu wachsen vermögen. Es gibt Schimmelpilze, die bei genügend hoher Luftfeuchtigkeit von den organischen Verbindungen leben können, die flüchtig in der Luft vorkommen und an ihnen kondensieren. Da sich in einem Filter mit der Zeit staubförmiges organisches Material ansammelt, besteht auch die Gefahr, daß Keime eines Tages das Filter durchwachsen haben und mit dem „reinen“ Luftstrom fortgerissen werden.

C) Besprechung der Ergebnisse

Für jedes Bemühen, den Wirkungen der Schimmelpilze und dem Verderb des zu verpackenden Schnittbrottes vorzubeugen, ist es Voraussetzung, die Infektion auf das geringst mögliche Maß herabzusetzen. Ein nicht zu vernachlässigender Faktor der Infektion ist die Luft in Betriebs- und Lagerräumen, sie sollte daher in die Maßnahmen der Betriebshygiene einbezogen werden. Das Augenmerk ist in erster Linie auf die Erkennung und Ausschaltung der Quellen der Schimmelverunreinigung der Luft zu richten. Dies ist auch Vorbedingung für die Wirksamkeit aller im weiteren einzuleitenden Maßnahmen zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft. Mit gleicher Nachdringlichkeit ist dafür Sorge zu tragen, daß eine erneute Einschleppung von Keimen auf direktem oder indirektem Wege, soweit es die Umstände erlauben, verhindert wird.

Welche Einrichtungen auch zur Verminderung der mikrobiellen Keimflora der Luft eingesetzt werden, seien es UV-Lampen, elektrostatische Decken oder eine Anlage zur Luftfilterung, sie können die üblichen hygienischen Erfordernisse nicht ersetzen, sondern nur als zusätzliche Maßnahme im Hygieneprogramm eines lebensmittelherstellenden Betriebes gelten. Grundlage für den Erfolg jeglicher Maßnahme zur Schimmelbekämpfung sind gleichfalls ausgewogene klimatische Verhältnisse innerhalb des Betriebes. Es muß dafür gesorgt sein, daß Störungen und extreme Schwankungen weitgehend vermieden werden. Die Faktoren Temperatur, Feuchtigkeit, Staubgehalt und Bewegung der Luft geben nicht nur Ausschlag für die Verbreitung und das Absetzen der mikrobiellen Keime innerhalb eines Betriebes, gleichwohl nehmen sie Einfluß auf die Wirksamkeit der verschiedenen Einrichtungen zur Verminderung des Keimgehaltes der Raumluft. Manche finanziellen und apparativen Aufwendungen für den Bereich der Schimmelverhütung könnten dem Hersteller von Brot und Backwaren erspart bleiben, wenn diesen Grundforderungen der Betriebshygiene mehr Beachtung geschenkt würde. Den Beweis haben die Untersuchungen erbracht, denn dafür zeugt die äußerst niedrige Belastung der Luft mit Schimmelpilzen in einigen Betrieben, die keinerlei Geräte zur Verminderung und Abscheidung dieser Keime einsetzen.

Da es in den Betriebsräumen von Bäckereien kaum möglich ist, alle Quellen der Verunreinigung der Luft mit Mikroorganismen auszuschalten, haben sich die Bemühungen in gleicher Weise darauf zu richten,

— den Transport mikrobieller Keime vom Ort ihrer Entstehung (bzw. von ihrem Ausgangspunkt) zu der Stelle der möglichen Infektion zu unterbinden.

Im weiteren geben die bisherigen Untersuchungen zu erkennen, daß die höchste Belastung der Luft mit mikrobiellen Keimen nicht unbedingt bei den Produktionsstationen zu suchen ist, die vor dem Ofeneinlauf liegen, wie etwa am Ort der Herstellung der Teige. Vielfach treten im Bereich der Schneide- und Verpackungsanlagen weit höhere Verunreinigungen der Luft und nachhaltigere Schwankungen im Keimgehalt an Schimmelpilzen auf. Diese Beobachtung sollte Anlaß geben zu überlegen, ob es nicht ratsam sei, diese Station von anderen Bereichen des Betriebes abzutrennen, damit sie nicht zur Infektionsquelle wird für das Brot, das auf den Transportlinien der Schneide-

und Verpackungsanlage zugeführt wird, oder selbst für das an anderer Stelle lagernde Ganzbrot. Bereits Wassermann (1970) hat darauf hingewiesen, daß es im Falle der Herstellung größerer Mengen Schnittbrot unerlässlich ist, einen eigenen Schneide- und Verpackungsraum zu schaffen. Den besonderen Gegebenheiten entsprechend, sollte man sich im Bereich der Herstellung des Schnittbrottes zukünftig auch nicht nur auf die Wirkung einer UV-Anlage verlassen, sondern zusätzliche Maßnahmen ergreifen, die geeignet sind, das Brot vor dem zwangsläufig auftretenden hohen Anfall an Keimen zu schützen. Vielleicht könnte eine stärkere Beachtung der für die Einrichtung sogenannter „reiner Räume“ geltender Gesichtspunkte weiterhelfen. Für die Zwecke eigener Untersuchungen zur Frage der Faktoren der Infektion und des Verschimmeln von Schnittbrot bedienen wir uns mit gutem Erfolg einer sogenannten Reinen Werkbank. In ihr sorgt eine quer zum Arbeitsplatz geführte turbulenzarme Strömung für die Verdrängung der in der Luft schwebenden Staubpartikel und Schimmelsporen. Unter diesen Bedingungen gelingt es, das für die Untersuchung benötigte Brot ohne Infektion zu schneiden. Die Wirkung eines solchen „Reinraum-Gerätes“ belegt auch die Abbildung 6. Während sich in dem umgebenen Raum im Verlauf von 10 Stunden bis zu 180 Schimmelpilze pro Kulturplatte abgesetzt hatten, blieben die im Bereich der Wirkung des „Reinraum-Gerätes“ aufgestellten Platten ohne Infektion.

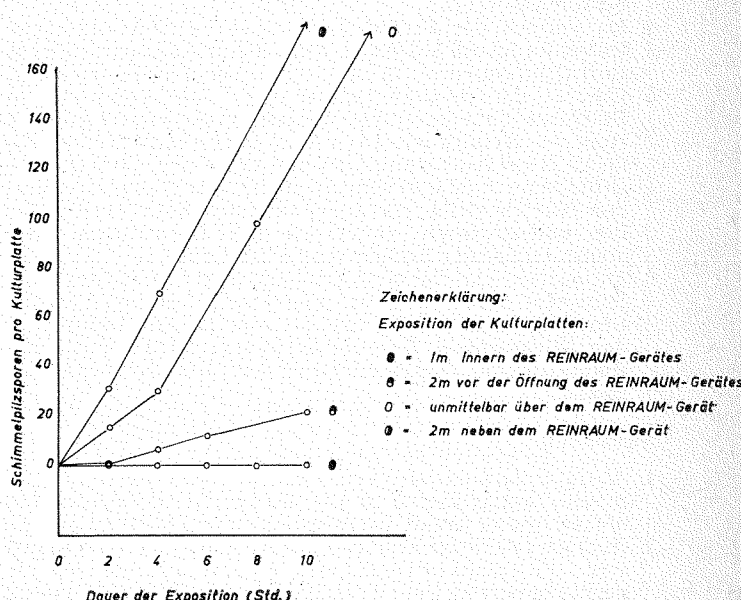


Abb. 6. Verlauf des Absetzens von Schimmelpilzen im Bereich eines „Reinraum-Gerätes“.

Schließlich wird eine sichere Eingrenzung der Infektion des Brotes und seines Verderbs durch Schimmelbildung nur dann zu erzielen sein, wenn ständig Aussagen zur Verfügung stehen über

- die Wirksamkeit der im Rahmen der allgemeinen Betriebshygiene routinemäßig durchgeführten Maßnahmen, und
- den einwandfreien Betrieb und die Wirksamkeit der zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft in den Betriebs- und Lagerräumen eingerichteten Anlagen.

Man wird auf die Dauer nicht umhin können, ein geeignetes Überwachungs- und Kontrollsystem einzurichten mit dem Ziele einer regelmäßigen Überprüfung des Luftkeimgehaltes.

Das Referat kann nur ein erster Beitrag sein in dem Bemühen, Maßstäbe zu erlangen zur richtigen Einschätzung der Faktoren der Infektion von Brot und Backwaren mit Schimmelpilzen und den Möglichkeiten zu ihrer Ausschaltung. Wenn man jedoch auf lange Sicht die Verunreinigung der Luft in den Betriebs- und Lagerräumen wirkungsvoll kontrollieren und die Infektion des Brotes und der Backwaren zielsicher eingrenzen will, so ist es in Anbetracht der vielfach noch unvollständigen Kenntnis der Zusammenhänge erforderlich, weitere Informationen zu sammeln über die Quellen der Schimmelverunreinigung, sowie über die Wege und Mechanismen der Übertragung mikrobieller Keime — bzw. von Schimmelsporen.

Zusammenfassung

1. Es wurde eine Untersuchung angestellt über den Schimmelpilzkeimgehalt der Luft in Lager- und Betriebsräumen von Brotfabriken.
2. In den Lagerräumen für Ganzbrot, die zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft mit UV-Lampen oder elektrostatischen Decken ausgerüstet waren, konnten im Mittel 100 bis 2 505 Schimmelpilze je cbm Luft (Extremwerte: 60 bzw. 5 225 Schimmelsporen) nachgewiesen werden.
3. Die Verunreinigung der Luft in Verpackungsräumen für Ganzbrot belief sich durchschnittlich auf 840 bis zu 2 715 Schimmelsporen je cbm (Extremwerte: 200 bzw. 11 800 Schimmelsporen).
4. Im Bereich der Brotschneide- und Verpackungsanlage traten im Mittel 323 bis zu 4 426 Schimmelsporen je cbm Luft (Extremwerte: 25 bzw. 16 700 Schimmelsporen) auf.
5. Obwohl der mittlere tageszeitliche Luftkeimgehalt in Betrieben ohne besondere Einrichtungen zur Verminderung des Keimgehaltes der Luft einen beträchtlich größeren Bereich umspannt, kommt die untere Grenze aufgefundener mittlerer Schimmelpilzkeimzahlen durchaus den Werten gleich, die im günstigsten Falle bei Betrieben nachzuweisen waren, die mit UV-Anlagen oder elektrostatischen Decken ausgerüstet sind.
6. Es werden verschiedene Beobachtungen angeführt, die Hinweise geben auf die möglichen Ursachen für die Schwankungen im Keimgehalt und für die Minderung der Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen zur Reduktion der Verunreinigung der Luft mit Schimmelpilzen.

Summary

1. An investigation has been made to study the content of mould fungus germs in the air of storage spaces and workshops of bread factories.
2. In store rooms for unsliced bread, which were equipped with UV lamps or electrostatic ceilings to reduce the germ content of the air, an average of 100—2.505 mould spores per cubic meter of air (extremes: 60 and 5.225) could be established.
3. In packing rooms for unsliced bread, air contamination was found to average 840—2.715 mould spores per cbm (extremes: 200 and 11.800).
4. As for the bread slicing and packing area, averages were 323—4.426 mould spores per cbm (extremes: 25 and 16.700).

5. Although, for a given hour of the day, the average germ content in factories having no particular devices to reduce the germ content of the air spans a considerably wider range, the lower limit of their germ averages actually equals those figures obtained at best in factories with UV lamp or electrostatic ceiling outfits.
6. Several observations are cited suggesting possible reasons for the variation in germ content and for the decreased effectiveness of the various devices to reduce mould fungus contamination of the air.

Résumé

1. Dans des ateliers et des locaux de stockage de boulangeries industrielles on a procédé à l'examen du contenu de l'air en germes des moisissures.
2. Dans les locaux de stockage pour les pain entiers pourvus des lampes UV ou des plafonds électrostatiques en vue d'obtenir une réduction du contenu en germes, on put déterminer, en moyenne, 100—2.505 moisissures par mètre cube d'air (valeurs extrêmes: 60 et 5.225 spores de moisissure).
3. La contamination de l'air dans les locaux destinés à l'emballage des pains entiers atteignit en moyenne 840—2.715 spores de moisissure par mètre cube (valeurs extrêmes: 200 et 11.800 spores de moisissure).
4. Dans le rayon du tranchage et de l'emballage du pain on trouva en moyenne 323—4.426 spores de moisissure par mètre cube d'air (valeurs extrêmes: 25 et 16.700 spores de moisissure).
5. Bien que le contenu en germes mesuré pendant la journée dans les usines sans installations spéciales pour la réduction du contenu de l'air en germes ait une plus grande étendue, la limite inférieure des germes de moisissure trouvés équivaut, en principe, aux valeurs les plus favorables trouvées dans les usines pourvues d'installations ultraviolettes ou des plafonds électrostatiques.
6. On cite plusieurs observations donnant des indications sur les raisons possibles des oscillations du contenu en germes et de la réduction de l'efficacité des mesures différentes en vue de la réduction de la contamination de l'air par des mucoracées.

Für die zuverlässige Mitarbeit und die sorgfältige Durchführung der Untersuchungen in den Betrieben der Brotindustrie danke ich meiner techn. Assistentin, Fräulein *Olga Sudwischer*, ganz besonders.

LITERATUR

- 1) *Fresenius, W., E. Wienrich u. F. I. Bibo*, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroben in der Luft unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung in der alkoholfreien Getränkeindustrie. *Naturbrunnen* 17, 50—56 (1967).
- 2) *Heldman, D. R.*, Significance and control of airborne contamination in milk and food plants. *J. Milk and Food Technol.* 30, 13—17 (1967).
- 3) *Heldman, D. R., T. J. Hedrick and C. W. Hall*, Air-borne microorganism populations in food packaging areas. *J. Milk and Food Technol.* 27, 245—251 (1964).
- 4) *Moreau, M., et C. Moreau*, Recherche sur la sporulation de *Aspergillus clavatus*. *C. R. Acad. Fr.* 251, 1556—1557 (1960).
- 5) *Müller, G.*, Die Ursachen des mikrobiologischen Brotverderbs. *Bäcker und Konditor* 21, 101—102 (1967).
- 6) *Poisson*, Les moisissures. *Hygiène et sécurité.* 21—36 (1962).
- 7) *Spicher, G.*, Schimmelsporen in der Luft von Backstuben und Brotlagerräumen. *Brot und Gebäck* 19, 148—153 (1965).
- 8) *Spicher, G.*, Ursachen und Möglichkeiten der Verminderung der Keimverunreinigung in Betriebsräumen von Bäckereien. *Industriebackmeister* 15, 81—86 (1967).
- 9) *Wassermann, L.*, Kritische Beleuchtung der verschiedenen Möglichkeiten zur Schimmelverhütung bei Brot. *Brot und Gebäck* 24, 90—94 (1970).