

Erfahrungsbericht über das neue Mikroklimasystem für die Reifung von Weißschimmelkäse

W. Weber, Käserei Champignon Hofmeister
P. Müller, Steger AG

1. Einleitung

Zur Reifung von Weißschimmelkäse sind bei der Käserei Champignon in Heising verschiedenartige Klimasysteme im Einsatz. Im Zuge der steten Entwicklung von neuen edlen Weißschimmelkäse sind die Anforderungen an die Herstellung und Reifung erheb-



lich gestiegen. Im Käseherstellungsprozess wird hier ein Teilausschnitt dargestellt, der in



bezug auf Qualität und Kosten nicht außer acht gelassen werden darf. Wie in jedem Prozessteil ist hier ebenso wichtig, sich mit den Anforderungen in dem Reifungsprozess zu beschäftigen. Nur im Zusammenspiel aller einzelnen Parameter kann die Prozesssicherheit gewährleistet werden. Voraussetzung einer durchgängigen Prozessbeherrschung ist, dass der Lieferant dem Kunden ein Anlagensystem zur Verfügung stellt, das in seinen Qualitätsparametern „schlank“ ist. Ein noch so gutes Reifungssystem kann unbeherrschte vorgeschaltete Prozesse nicht ausgleichen.

In diesem Bericht wird auf die Erfahrung und auf die Anforderungen an das Mikroklima des Käses bei Verwendung des neuen Klimasystems der Steger AG eingegangen.



Lieferprogramm:

**PVC-hart-Folien/
PET-A-Folien/
PET-G-Folien/
PS-Folien/
PP-Folien**

Gütezeichen



RIFLEX-Folien-Vertriebs GmbH

Mondring 36, D-56410 Montabaur

Telefon (0 26 02) 9 00 12 · Telefax (0 26 02) 9 02 84 · e-mail: riflex-folien@t-online.de

2. Anforderungen an das Mikroklima

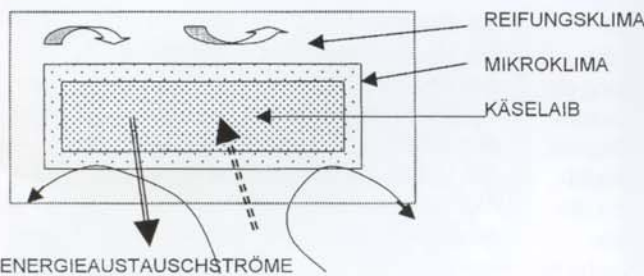
Der Käse braucht zur Reifung das optimale Reifungsklima, welches den Reifungsprozess in definierten Bahnen steuert. Dabei darf das Mikroklima um den Käse nicht zerstört werden, das heißt, der Käse braucht für die optimale Reifung in jeder Phase das definierte Mikroklima.

In der unmittelbaren und mittelbaren Umgebung der Käse müssen spezifische Reifungsbedingungen geschaffen werden. Damit sich die Oberflächenflora der Käse optimal entwickeln kann, werden an die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Luftzusammensetzung und die Luftströmung in den Reifungslagern bestimmte Anforderungen gestellt. Die Luftzusammensetzung,

wie wir sie im Lager feststellen, entspricht aber nicht derjenigen, wie sie unmittelbar in Nähe der Käseoberfläche herrscht. Diese haben an ihrer Oberfläche ein sogenanntes Mikroklima, das einen Gehalt an Wasser, O₂, CO₂, NH₃ und anderen flüchtigen Stoffen aufweist.

Zwischen dem Käse und der Raumluft finden diverse Austauschströme statt:

1. Wärmeaustausch infolge von Temperaturunterschieden durch:
 - Konvektion
 - Strahlung
 - Wärmeleitung
2. Wasserdampftransport infolge von Temperatur- und Dampfdruckunterschieden durch:
 - Wasserdampfdruckgefälle Käse innen / Raumluft außen
 - Kondensation
 - Verdunstung
 - Schwitzen
3. Stoffaustausch insbesondere von den Gasen
 - Ammoniak
 - Sauerstoff
 - Kohlendioxid



SCHON GEHÖRT?

Das neue **Cryovac BDF 400®/CJ 55** Verpackungssystem für Käse SB-Einheiten können Sie vom 11. - 15. April auf der ANUGA FOODTEC 2000 in Köln bestaunen.



Wie Sie Ihre Produkte noch attraktiver vermarkten, und was für andere Innovationen wir Ihnen noch zu bieten haben, zeigen wir Ihnen in Halle 13.1 Stand C10/D19.

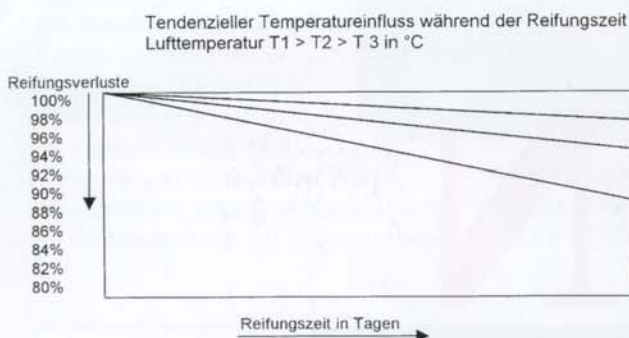


Cryovac Europe, Cryovac Verpackungen GmbH, Erlengang 31, 22844 Norderstedt, Tel: 040/526 01-0, Fax: 040/526 01-511
 Email: cryovac.northmkt@sealedair.com Internet: www.sealedair.com

3. Klimabezogene tendenzielle Einflüsse

3.1. Temperatur

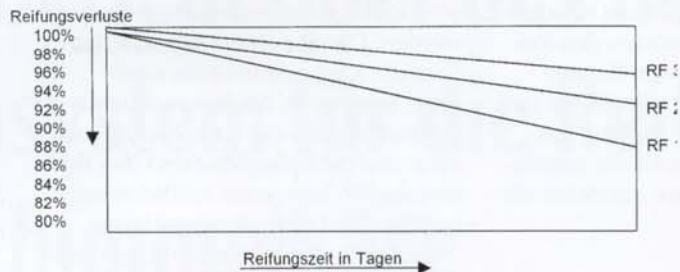
Die Temperaturbedingungen im Reifungslager haben einen Einfluss auf das Wachstum der Oberflächenflora und auf den Ablauf der biochemischen Vorgänge im Käse. Jede Temperaturänderung in Richtung Optimum beschleunigt das Wachstum der Oberflächenflora und somit auch den Reifungsvorgang im Käse. Eine höhere Reifungstemperatur beschleunigt somit auch die Abgabe von Wasserdampf und anderen flüchtigen Stoffen. Umgekehrt kann durch tiefere Temperatur der Reifungsprozess verzögert werden



3.2. Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit ist definiert als das Verhältnis zwischen partiellem Wasserdampfdruck in der Luft und dem Sättigungsdruck bei gleicher Temperatur. Liegt im Raum die Ausgleichsfeuchtigkeit vor, so herrscht ein Gleichgewicht zwischen der Abgabe und der Aufnahme von Feuchtigkeit des Käse an die bzw. von der Raumluft, d.h. es gibt keine Gewichtszunahme oder Gewichtsabnahme. Ist der Wasserdampfdruck in der Nähe der Käseoberfläche größer, so diffundiert Wasserdampf von der Käseoberfläche in die Raumluft ab. Die Käseoberfläche trocknet aus, was zur Folge hat, dass Wasser aus dem Käseinneren an die Oberfläche transportiert wird. Je größer die Differenz des Wasserdampfdruckes zwischen der Ober-

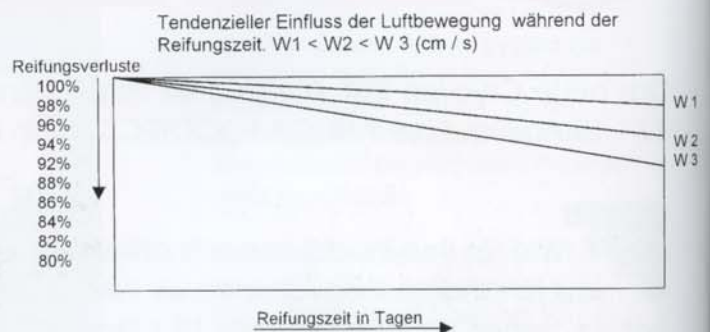
Tendenzieller Einfluss der Raumfeuchte während der Reifungszeit. $RF_1 < RF_2 < RF_3$



fläche und Raumluft ist, desto schneller trocknet der Käse an der Oberfläche aus. Im Extremfall führt die Austrocknung zu einer Verhornung der Oberfläche, wodurch die Weisseschimmeldidien in der Auskeimfähigkeit stark gehindert werden. Die Myzelfäden vermögen die ausgetrocknete Oberflächenschicht nicht mehr zu durchstoßen. Der Käse bleibt schimmelfrei und erreicht dadurch erforderliche Verkaufsqualität.

3.3. Luftbewegung im Käsestapel / Käsehorden

Das definierte Mikroklima, das aus einem Gleichgewicht zwischen Raumklima und Käsestück selbst entsteht, muss für das optimale Reifen stets aufrechterhalten bleiben. Mit dem Lufttransport über dem Käse finden die notwendigen Energie- und Stoffaustauschvorgänge zwischen dem Käse und der Raumluft statt. Temperatur- und Feuchtigkeitsschichtungen im Käse-Stapel lassen sich nur durch definierte Luftströmungen im Stapel verhindern. Bei Totzonen steigt die Raumfeuchte bis 100 % im Stapel, der Käse wird an der Oberfläche nass.



allerdings in einem engen Bereich und sind von NaCl und Wassergehalt und vom Eiweißabbau abhängig.

Der Gewichtsverlust der Käse nimmt bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit mit höherer Luftbewegung zu. Die optimale Luftbewegung liegt über dem Käse bei 6 - 18 cm/sec.

3.4. Die Wasseraktivität (a_w - Wert)

Die Verminderung des Wasserdampfdruckes im Lebensmittel wird mit der Wasseraktivität a_w -Wert charakterisiert. Die Wasseraktivität vergleicht den Wasserdampfdruck des in seiner Aktivität gehemmten Wassers mit demjenigen des frei verfügbaren Wassers.

$$a_w = p_d / p_s$$

p_d = Wasserdampfdruck des Mediums
 p_s = Satttdampfdruck bei einer bestimmten Temperatur

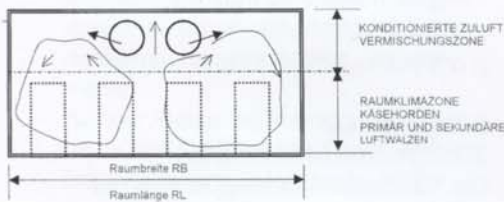
Das Wachstum der Oberflächenflora des Weisseschimmekäses wird vom a_w -Wert in der Oberflächenschicht beeinflusst. Bakterien können sich auf der Käseoberfläche bis zu einem bestimmten a_w -Minimum von 0,947 bis 0,975 vermehren. Jede Käsesorte weist im reifen Zustand ein typisches a_w -Spektrum auf. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Sorten liegen



4. Reifungsklimas / Mikroklima

Prinzipaufbau

4 Reifungsklimas / Mikroklima
Prinzipaufbau



Ziel ist, dass in der ganzen Raumzone eine raumfüllende Strömung mit minimalen Abweichungen (Temperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung) aufgebaut und gehalten werden kann.

Bei $RT = 13\text{ °C}$, 90 - 100 % beträgt ein Temperaturdifferenz von $1\text{ °C} = 7\%$, $\Rightarrow 0,1\text{ °C} = 0,7\%$. Aus dieser Betrachtung wird ersichtlich, dass an die Mikroklimattechnik sehr hohe Anforderungen gestellt werden. Der Weißschimmelkäse benötigt zur optimalen Reifung in jeder Phase das definierte Mikroklima.

30.4.-4.5.2000

So-Do, 10-18 Uhr

MEFA

KÄSE

Schweizerische
Metzgerei-
Fachausstellung mit
internationaler
Beteiligung

Käse- und Molkerei-
produkte-Messe
der Schweiz

Einladung zur Premiere!

Zwei Fachmessen gemeinsam ins neue Jahrtausend als Treffpunkt für Detailhandel und Gastronomie. Das Konzept hat über 300 Aussteller aus dem In- und Ausland überzeugt. Sie präsentieren Hunderte von Endprodukten für den Handel, dazu Maschinen, Apparate und Geräte zur professionellen Verarbeitung von Fleisch, Käse und Molkereiprodukten, demonstrieren rationelle Behandlung, Verpackung, Kühlung und Transport der fertigen Ware für die Präsentation und den Verkauf. Highlights der MEFA/Käse 2000 sind die Resultate der Qualitätsprüfung 1998-2000, die Lehrlings-Meisterschaft, die Info-Dreh-scheibe Detailhandel, die Sonderschau Party-Service, das Käse-Forum mit der Hotelfachschule Belvoirpark und die Session der Käse-Experten des Comité plénier fromage.

Messe Zürich

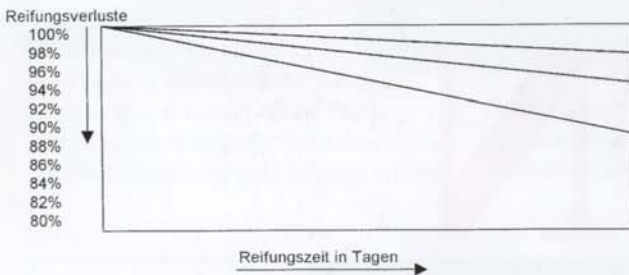
www.messe-zuerich.com

3. Klimabezogene tendenzielle Einflüsse

3.1. Temperatur

Die Temperaturbedingungen im Reifungslager haben einen Einfluss auf das Wachstum der Oberflächenflora und auf den Ablauf der biochemischen Vorgänge im Käse. Jede Temperaturänderung in Richtung Optimum beschleunigt das Wachstum der Oberflächenflora und somit auch den Reifungsvorgang im Käse. Eine höhere Reifungstemperatur beschleunigt somit auch die Abgabe von Wasserdampf und anderen flüchtigen Stoffen. Umgekehrt kann durch tiefere Temperatur der Reifungsprozess verzögert werden

Tendenzieller Temperatureinfluss während der Reifungszeit
Lufttemperatur T1 > T2 > T3 in °C



3.2. Luftfeuchtigkeit

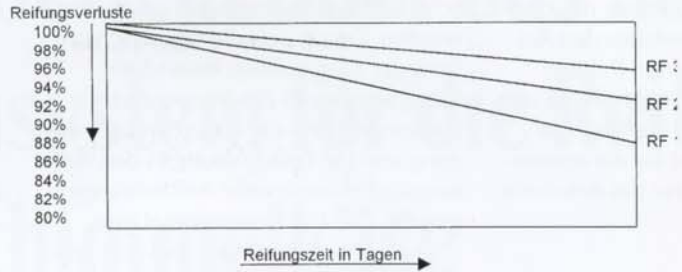
Die relative Luftfeuchtigkeit ist definiert als das Verhältnis zwischen partiellem Wasserdampfdruck in der Luft und dem Sättigungsdruck bei gleicher Temperatur. Liegt im Raum die Ausgleichsfeuchtigkeit vor, so herrscht ein Gleichgewicht zwischen der Abgabe und der Aufnahme von Feuchtigkeit des Käse an die bzw. von der Raumluft, d.h. es gibt keine Gewichtszunahme oder Gewichtsabnahme. Ist der Wasserdampfdruck in der Nähe der Käseoberfläche größer, so diffundiert Wasserdampf von der Käseoberfläche in die Raumluft ab. Die Käseoberfläche trocknet aus, was zur Folge hat, dass Wasser aus dem Käseinneren an die Oberfläche transportiert wird. Je größer die Differenz des Wasserdampfdruckes zwischen der Ober-

fläche und Raumluft ist, desto schneller trocknet der Käse an der Oberfläche aus. Im Extremfall führt die Austrocknung zu einer Verhornung der Oberfläche, wodurch die Weisssschimmeldidien in der Auskeimfähigkeit stark gehindert werden. Die Myzelfäden vermögen die ausgetrocknete Oberflächenschicht nicht mehr zu durchstoßen. Der Käse bleibt schimmelfrei und erreicht dadurch erforderliche Verkaufsqualität.

3.3. Luftbewegung im Käsestapel / Käsehorden

Das definierte Mikroklima, das aus einem Gleichgewicht zwischen Raumklima und Käsestück selbst entsteht, muss für das optimale Reifen stets aufrechterhalten bleiben. Mit dem Lufttransport über dem Käse finden die notwendigen Energie- und Stoffaustauschvorgänge zwischen dem Käse und der Raumluft statt. Temperatur- und Feuchtigkeitsschichtungen im Käse-Stapel lassen sich nur durch definierte Luftströmungen im Stapel verhindern. Bei Totzonen steigt die Raumfeuchte bis 100 % im Stapel, der Käse wird an der Oberfläche nass.

Tendenzieller Einfluss der Raumfeuchte während der Reifungszeit. RF 1 < RF 2 < RF 3



Der Gewichtsverlust der Käse nimmt bei konstanter Temperatur und Feuchtigkeit mit höherer Luftbewegung zu. Die optimale Luftbewegung liegt über dem Käse bei 6 - 18 cm/sec.

3.4. Die Wasseraktivität (a_w - Wert)

Die Verminderung des Wasserdampfdruckes im Lebensmittel wird mit der Wasseraktivität a_w-Wert charakterisiert. Die Wasseraktivität vergleicht den Wasserdampfdruck des in seiner Aktivität gehemmten Wassers mit demjenigen des frei verfügbaren Wassers.

$$a_w = p_d / p_s$$

p_d = Wasserdampfdruck des Mediums
p_s = Sättigungsdampfdruck bei einer bestimmten Temperatur

Das Wachstum der Oberflächenflora des Weisssschimmels wird vom a_w-Wert in der Oberflächenschicht beeinflusst. Bakterien können sich auf der Käseoberfläche bis zu einem bestimmten a_w-Minimum von 0,947 bis 0,975 vermehren. Jede Käsesorte weist im reifen Zustand ein typisches a_w-Spektrum auf. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Sorten liegen

Tendenzieller Einfluss der Luftbewegung während der Reifungszeit. W1 < W2 < W3 (cm / s)



allerdings in einem engen Bereich und sind von NaCl und Wassergehalt und vom Eiweißabbau abhängig.

Die Klimaparameter setzen sich wie folgt zusammen:

Reifungszeit	Phasen; z (h)
Raumlufttemperatur	RT (°C)
Raumluftfeuchte	RF (%)
Luftbewegung	0-1-2-3
Außenluftanteil aufbereitet mit Schlussfilter H 12	
Raumfüllende Luftbewegung	

Die Regel- und Klimafunktionen werden in allen Stufen stetig geregelt:

Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten, Nachwärmen
Luftumwälzung in verschiedenen Stufen

Die einzelnen Klimaphasen werden mit einer programmierbaren SPS-Einheit automatisch geführt, reguliert und aufgezeichnet. Die Raumkondition wird mittels 2 speziellen kombinierten Raumfühlern gemessen, der Mittelwert gebildet und stetig reguliert. In jedem Zeitabschnitt können die obigen Parametern manuell geändert und der Reifungszustand der Käse korrigiert werden.

5. Reifegradbestimmungen zur Ermittlung der Qualität

Es gibt mehrere Methoden, den Reife-

grad von Käse zu erkennen, nämlich durch Erfassung von:

- Aussehen (weißes dichtes Myzel)
- Geschmack und Aroma
- Teigeigenschaften (z.B. kompakt, regelmäßig etc.)
- Reifungsverlust / Standardabweichung des Reifungsverlustes

5.1. Messungen

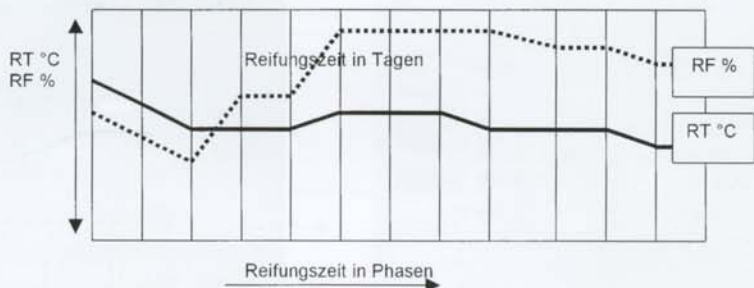
Zur Messung wurde das Reifungslager in gleich große Sektoren aufgeteilt. Alle Messungen wurden in einem definierten Zeitraster ausgeführt. Der Einfluss des Oberflächenwassers konnte deshalb vernachlässigt werden.

Es wurden Gewichtsmessungen zu Beginn und Ende der Reifung durchgeführt. Die Messungen bezogen sich jeweils auf die Käse pro Reifungshorde und Reifungsstapel. Die Messstellen wurden netzartig so gewählt, dass die Resultate repräsentative Aussagen über die Qualität des Reifungsablaufes und des Klimas für das ganze Reifungslager darstellen.

Es wurden jeweils auch täglich nach einem bestimmten Zeitprogramm die Lufttemperatur und Luftfeuchte an diesen Sektoren gemessen und aufgezeichnet.

Reifungsverlaufsdiagramm

Reifungsklimas in verschiedenen Phasen während der Reifungszeit z in (h)
Raumtemperatur RT in °C
Raumfeuchte RF in %



5.2. Auswertungen

Ermitteln des Reifungsverlustes

- je Reifungshorde
- je Ebene
- je Reihe
- je Stapel

Ermitteln des arithmetischen Mittel

Ermitteln der Standardabweichung
Mit der Standardformel STABW wurden die gemessenen Daten berechnet und die Standardabweichung

- je Reifungshorde
- je Ebene
- je Reihe
- je Stapel

untereinander verglichen.

STABW =

$$[[n * S (X^{\Delta 2}) - (S * X^{\Delta 2})] / [n * (n - 1)]]^{0,5}$$

5.3. Ergebnisse


5.3.1. Standardabweichungen

Die Standardabweichung ist eine präzise Aussage über die Abweichungen der Reifungsverluste vom arithmetischen Mittelwert. Für Weichkäsehersteller ist von sehr großer Bedeutung, dass der Reifungsverlustprozess zentriert ist und sich innerhalb der Spezifikationsgrenzen befindet. Daraus kann geschlossen werden, dass die Käse eine gleichmäßige hohe Reifungsqualität im ganzen Lager aufweisen. In zweiter Priorität haben die absoluten Reifungsverluste natürlich auch in wirtschaftlicher Hinsicht eine hohe Bedeutung. Die hier erzielten Ergebnisse lagen in Vergleichsmessungen zu anderen Reiferaumsystemen in einem sehr niedri-

EDELSTAHL

Überlastkupplungen

Rost
frei



minimieren Produktionsausfall
haben Synchronschaltung
schalten sicher und genau

ENEMAC

Gesellschaft für Energie- und Maschinentechnik mbH
Dieselstr. 8 · D-63839 Kleinwallstadt
Telefon (06022) 2 10 70 + 2 44 44
Telefax (06022) 2 22 37
e-mail: info@enemac.de http://www.enemac.de

Wir stellen aus:
ANUGA FoodTec in
Halle 12.2, Stand G035

gen Bereich. Die Standardabweichung lag im Durchschnitt um den Faktor 2,5 tiefer gegenüber Vergleichssystemen. Bezüglich den Reifungsverlusten wurden die festgelegten Zielwerte problemlos erreicht.

5.3.2. Lufttemperatur - und Feuchtigkeitsabweichungen

Die parallel durchgeführten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen befanden sich innerhalb der vorgegebenen Garantiewerte. Eventuell vorgenommene Korrekturen der Sollwertklimaprogramme glich die Anlage problemlos aus.

6. Zusammenfassung

Es ist von entscheidender Bedeutung, vorgeschaltete „schlanke“ Prozesse in der Reifung durch entsprechende schlanke Systeme weiterzuführen. Die modernen Reifungsmikroklimaanlagen müssen die neuen spezifischen Anforderungen erfüllen, damit eine durchgängige Prozessbeherrschung auch im Reifungsprozess gezielt gesteuert und korrigiert werden kann. Die geforderten Standardabweichungen und Reifungsverluste wurden erheblich unterschritten. Im weiteren zeigten die Messresultate auf, dass die Abweichungen unerheblich sind von Menge und Art der Befüllung (gleich- oder ungleichmäßig).

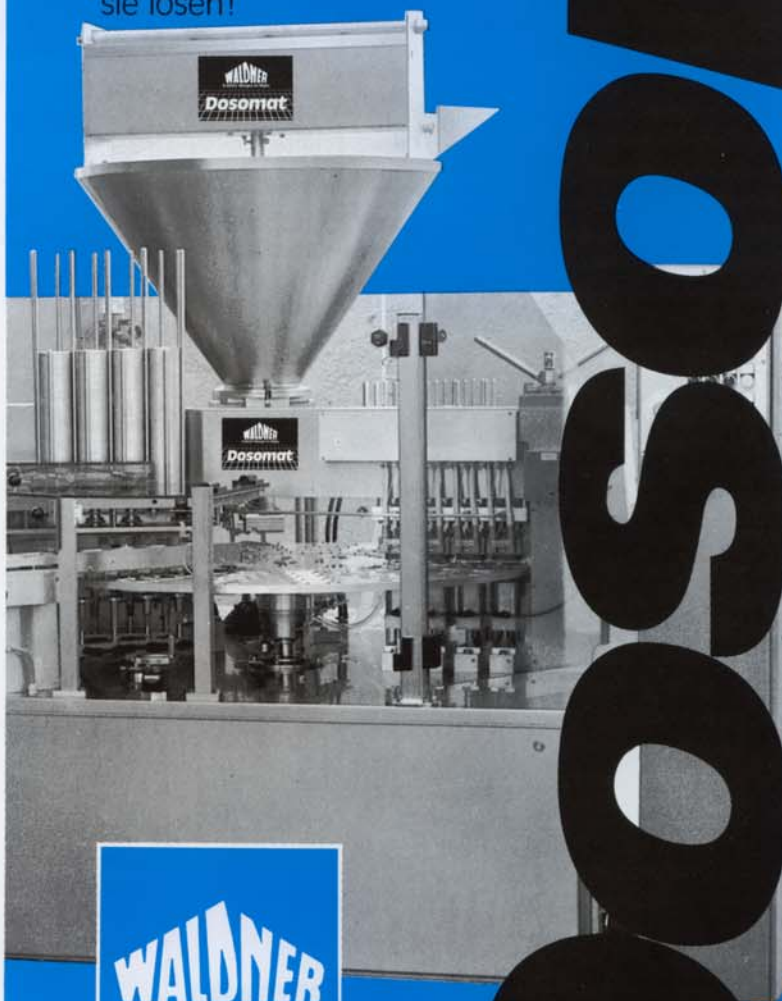
Aus der Messreihe konnten auch die baulichen Einflüsse wie Türen, Außenluftaufbereitung, k-Werte der Hülle und die Umgebungstemperaturen festgestellt werden. Es ist wichtig, dass ein Reifungslager von der Logistik, Hygiene und Bauphysik in seiner Gesamtheit betrachtet wird. Die Anlagen müssen einfach zu warten und zu bedienen sein. Die Betriebskosten und Unterhaltskosten müssen in einem bestimmten Verhältnis zu den Einsparungen stehen.

Die erzielten guten Ergebnisse mit diesem System veranlassen uns weiter nach Optimierungen und Verbesserungen zu streben.

Technik nach Maß.

Ob rund – ob eckig,
ob groß – ob klein –
der DOSOMAT von
Waldner füllt und ver-
schließt Becher und
Behälter aus Karton,
Kunststoff, Aluminium
oder Glas automatisch
– mit fast allen Flüssig-
keiten und Produkten,
ob sie fließend-pastös,
trocken oder pulver-
förmig sind.

Sprechen Sie zuerst
mit uns, wenn Sie auto-
matisch abfüllen und
verschließen wollen –
und nennen Sie uns
Ihre Probleme – ge-
meinsam werden wir
sie lösen!



**Hermann Waldner
GmbH & Co**

Im weißen Bild
D-88239 Wangen im Allgäu
Tel. (07522) 9 86-0
Fax (07522) 9 86-4 19

E-Mail: waldner_metal@t-online.de
Internet: <http://www.waldner.de>

Besuchen Sie uns auf der
ANUGA FoodTec in
Halle 10.1, Stand G020

DOSOMAT