

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Funktionen der Verpackung</b> .....	1
1	Indirekte Funktionen der Verpackung .....	1
2	Direkte Verpackungsfunktionen (Überlick) .....	4
<b>II</b>	<b>Wirtschaft und Verpackung</b> .....	13
1	Bedeutung der Verpackungswirtschaft .....	13
2	Anteil der Packmittel am Bruttosozialprodukt .....	14
2.1	Weltmarkt .....	14
2.2	Deutschland .....	15
3	Entwicklung des Markts für Packmittel .....	16
3.1	Entwicklung des Weltmarkts für Packmittel .....	16
3.1.1	Einzelne Länder .....	17
3.2	Entwicklung des Packmittelmarkts in Deutschland .....	17
3.2.1	Gründe für Entwicklung .....	17
3.2.2	Daten für Entwicklung .....	18
3.2.3	Verschiebungen bei der Packmittelverwendung .....	19
4	Entwicklung bei Verpackungsmaschinen .....	20
4.1	Entwicklung des Weltmarkts .....	21
4.2	Wichtigste Herstellerländer .....	22
4.3	Deutscher Verpackungsmaschinenbau .....	22
4.3.1	Produktionsvolumen .....	24
4.3.2	Export, Import und Inlandsinvestition .....	24
5	Vergleich von Ausgaben für Verpackungsmaschinen und Packmittel .....	25
<b>III</b>	<b>Kosten der Verpackung</b> .....	29
1	Anteilige Kosten der Packmittel .....	29
2	Packmittelkosten für einzelne Lebensmittel .....	29
3	Gesamtkosten des Verpackens .....	29
4	Logistik und Verpackungskosten .....	32
5	Quantifizierbare Ersparnisse durch Verpackung .....	33
6	Minimierung der Verpackungskosten und des -Aufwands ....	33
7	Schäden bei Unterverpackung und Kostenoptimierung .....	34

<b>IV</b>	<b>Energie bei Verpackung</b> .....	37
<b>V</b>	<b>Qualität bei Verpackung</b> .....	41
1	Qualitätssicherung und Zertifizierung nach DIN-ISO 9000-9004	42
1.1	Vorgehensweise bei der Einführung von Qualitätssicherungssystemen .....	43
1.2	Vorteile eines Qualitätssicherungssystems .....	44
<b>VI</b>	<b>Sicherheit bei Verpackung</b> .....	45
1	Sicherheit beim maschinellen Abpacken .....	45
2	Sicherheit beim Schutz für das Packgut .....	47
3	Sicherheit beim Schutz für den Verbraucher .....	47
3.1	Mechanische Gefährdung .....	48
3.2	Thermische Gefährdung .....	48
3.3	Chemische Gefährdung .....	48
3.4	Mikrobiologische Gefährdung .....	49
4	Sicherheit für den Handel .....	50
5	Sicherheit für die Umwelt .....	51
6	Prinzipien und Anwendungsfelder von Sicherheitsmerkmalen bei Verpackungen .....	52
<b>VII</b>	<b>Recht der Verpackung</b> .....	55
1	Regelungen zum Schutze des Verbrauchers .....	55
2	Regelungen zum Schutz beim Verpacken und Behandeln .....	57
3	Regelungen zum Schutz der Umwelt (Regelungen zu Verpackungsabfall) .....	57
4	Fertigpackungsverordnung (FPVO) .....	57
4.1	Ziele der FPVO .....	57
4.2	Definition der Fertigpackung .....	58
4.3	Entwicklungsweg der Regelungen zur FPVO .....	58
4.4	Mittelwertforderung der FPVO .....	58
4.5	Vorgeschriebene Kontrollen .....	60
5	Produkthaftung .....	61
<b>VIII</b>	<b>Normung bei Verpackung</b> .....	65
1	Deutsche Normen .....	66
2	Europäische Normung .....	66
2.1	Normen mit Rechtsverbindlichkeit .....	66
3	Hinweise auf Normen im Text .....	67
<b>IX</b>	<b>Informieren und Deklarieren</b> .....	69
1	Vorgeschriebene Deklarierungen .....	69
1.1	Verkehrsbezeichnung .....	69
1.2	Hersteller-Angabe .....	69
1.3	Mengen-Kennzeichnung .....	69

1.4	Preisangabe und Grundpreis-Kennzeichnung .....	70
1.5	Zutaten und Zusatzstoffe .....	71
1.6	Konzentration .....	72
1.7	Deklarierungen bei Lebensmitteln für einen speziellen Bedarf .....	72
1.8	Neutrale Gase .....	72
1.9	Haltbarkeitsangabe .....	72
1.10	Los-(Chargen-)Kennzeichnung .....	73
1.11	Seriennummer .....	73
1.12	Verwertungszeichen wie „Grüner Punkt“ .....	73
1.13	Gentechnisch veränderte Lebensmittel .....	73
1.14	Herkunftsbezeichnung für Rindfleisch .....	74
2	Weitere Deklarierungen im Stadium der Bearbeitung .....	74
2.1	Einweg/Mehrweg .....	74
2.2	Kenntlichmachung bestrahlter Lebensmittel .....	74
3	Freiwillige Deklarierungen .....	75
3.1	Angabe der Kunststoffart .....	75
3.2	Produktname, Marke und bildliche Darstellung .....	75
3.3	Gebrauch der Packung .....	75
3.4	Gebrauch des Packguts .....	75
3.5	Sicherheitshinweise .....	75
3.6	Nährwert-Kennzeichnung .....	75
3.7	Pool-Zeichen für Mehrwegflaschen .....	76
3.8	Gütezeichen und Qualitätssiegel .....	76
3.9	Maschinenlesbare Codes auf Packungen und Packstücken ...	77
3.91	EAN-Warencode für Verkaufspackungen .....	77
3.92	Logistikcode EAN 128 für Versandeinheiten .....	80
3.93	Blockcode .....	81
<b>X</b>	<b>Werbung bei Verpackung</b> .....	<b>83</b>
1	Werbewirksamkeit .....	83
2	Täuschungsschutz („Mogelpackungen“) .....	85
<b>XI</b>	<b>Bilden von Einheiten und Logistik</b> .....	<b>87</b>
1	Verpackungseinheiten: Einteilung .....	88
2	Verbraucherpackungen (Verkaufspackungen) .....	89
2.1	Anforderungen an Verbraucherpackungen .....	91
3	Sammelpackungen, Transportpackungen, Laden-(Regal-) Packungen .....	91
3.1	Mehrweg-Transportpackungen .....	92
3.11	Praktische Ausführungen .....	93
3.12	Anforderungen an Mehrwegkästen .....	93
3.2	Regalpackung – Ladenpackung .....	95
3.21	Forderungen des Handels an Regalpackungen .....	95
4	Ladeeinheit .....	96

4.1	Paletten .....	96
4.11	Einwegpaletten .....	98
4.12	Mehrwegpaletten .....	98
4.121	Tauschpaletten .....	98
4.122	Poolpaletten .....	99
5	Kommissionieren .....	99
6	Displayeinheit .....	100
<b>XII</b>	<b>Mechanische (und klimatische) Einwirkung</b> .....	<b>103</b>
1	Statische Belastung von Packungen .....	106
1.1	Vertikaler Stauchdruck .....	106
1.11	Maximale Stapelhöhen .....	107
1.12	Stauchbelastung von Schachteln .....	108
1.121	Faktoren für die Minderung der Tragfähigkeit .....	108
1.122	Folgerungen .....	112
1.13	Mittragendes Packgut .....	112
1.14	Zusammenfassende Empfehlungen .....	112
1.2	Horizontal wirkender statischer Druck .....	113
2	Dynamische Belastungen bei Transport und Umschlag .....	113
2.1	Vertikal gerichtete Erschütterungen und Schwingungen auf Ladeflächen von Transportmitteln .....	113
2.11	Vertikale Schwingungen .....	113
2.111	Ursachen .....	114
2.112	Schwingungen im Packungsstapel .....	115
2.113	Mögliche Schäden an Verpackungen .....	115
2.114	Horizontal gerichtete Schwingungen (Ergänzung) .....	116
2.12	Vertikalstöße .....	116
2.2	Horizontal gerichtete Stöße .....	119
2.21	Sicherungen für Ladeeinheiten .....	120
2.22	Ladungssicherung .....	123
2.3	Stöße durch Fallen und Kippen .....	124
2.31	Stoßbeanspruchungen beim Fallen und Kippen .....	124
2.32	Äquivalente Fallhöhe, Größte Einzelfallhöhe $h_E$ , Typische Fallhöhe $h_T$ und Vergleichsfallhöhe .....	125
2.33	Fallhöhen bei verschiedenen Vorgängen .....	126
2.34	Folgerungen .....	126
2.4	Polsterungen .....	128
2.41	Aufgaben und Eigenschaften von Polstermitteln .....	129
2.42	Für Lebensmittelverpackung geeignete Polstermaterialien ...	130
2.421	Vorwiegend elastische Polster .....	130
2.422	Polster mit gemischt elastisch-plastischem Verhalten .....	132
2.423	Loses Füllmaterial und Einwickler .....	133
2.424	Polstermaterialien aus nachwachsenden Stoffen .....	133
2.425	Dimensionierung von Polstern .....	133
3	Hinweis zu Prüfverfahren .....	134

<b>XIII</b>	<b>Temperatureinfluß auf Verpackungen und Packgüter</b> . . . . .	139
1	Mögliche Schäden bei Temperaturanstieg . . . . .	139
1.1	Schäden unmittelbar für das Lebensmittel . . . . .	139
1.2	Schäden mittelbar für das Lebensmittel oder Schädigung der Packung . . . . .	140
2	Mögliche Schäden bei abnehmender Temperatur . . . . .	141
2.1	Schäden unmittelbar für das Lebensmittel . . . . .	141
2.2	Schäden mittelbar für das Lebensmittel oder Schädigung der Packung . . . . .	141
3	Auf die Packungen einwirkende Temperaturen . . . . .	141
<b>XIV</b>	<b>Luftdruck</b> . . . . .	143
1	Lokale Druckunterschiede . . . . .	143
2	Luftdruckschwankungen durch Ortswechsel . . . . .	143
<b>XV</b>	<b>Gefährdung durch Wasserdampf</b> . . . . .	145
1	Begriffe und Definitionen . . . . .	145
2	Klima- und Lagerbedingungen . . . . .	146
2.1	Bedingungen bei Haltbarkeitstests für verpackte Lebensmittel . . . . .	147
3	Die Sorptionsisotherme . . . . .	147
3.1	Deutung . . . . .	148
3.2	Einfluß der Temperatur . . . . .	148
3.3	Adsorption, Desorption und Hysterese . . . . .	149
3.4	Unterschied: Hygroskopizität und Feuchtigkeits- empfindlichkeit . . . . .	149
4	Veränderungen von Lebensmitteln in Abhängigkeit vom Wassergehalt . . . . .	151
4.1	Veränderungen bei Wasserdampf-Aufnahme . . . . .	152
4.1.1	Physikalische Änderungen . . . . .	152
4.1.2	Verlust funktioneller Eigenschaften . . . . .	153
4.1.3	Physikalisch-chemische Veränderungen . . . . .	153
4.1.4	Förderung chemischer Prozesse . . . . .	153
4.1.5	Wachstum von Mikroorganismen . . . . .	155
4.1.6	Gefährdung durch Insekten . . . . .	156
4.1.7	Feuchteschäden an Verpackungen . . . . .	156
4.1.8	Folgerungen . . . . .	157
4.2	Schädigung bei Verlust von Feuchtigkeit . . . . .	158
4.3	Lebensmittel mit inhomogener Feuchtigkeitsverteilung . . . . .	158
4.4	Lebende Frischgüter mit Wasserdampf-Entwicklung . . . . .	159
4.5	Einfluß eines wechselnden Temperatur-/Feuchtigkeitsgefälles . . . . .	159
4.5.1	Außentemperatur sinkt (Umgebung ist kühler) . . . . .	160
4.5.1.1	Wasserdampf-durchlässige (pseudo-atmende) Verpackung . . . . .	161
4.5.2	Die Außentemperatur steigt (Packgut ist kühler) . . . . .	162
4.5.3	Trockenmittel . . . . .	163

5	Durchgang von Wasserdampf durch Packstoffe und Packungen .....	163
5.1	Mögliche Durchgangsmechanismen für Wasserdampf .....	164
5.2	Praktische Bestimmung des Wasserdampfdurchgangs durch Packstoffe .....	166
5.3	Meßwerte für den Wasserdampfdurchgang durch Packstoffe .....	167
5.4	Verschiedene Einflußgrößen für den Wasserdampfdurchgang .....	169
5.41	Durchlässigkeit mehrerer hintereinander geschalteter Schichten, (Verbunde) .....	169
5.42	Einfluß der Temperatur .....	170
5.43	Weitere Einflüsse auf die Wasserdampfdichtigkeit – Methoden der Dichtigkeitssteigerung .....	171
5.5	Durchgang von Wasserdampf durch Poren und Fehlstellen ...	171
5.51	Poren und Fehlstellen in der Packstoff-Fläche .....	171
5.52	Wasserdampfdurchgang durch lange Kanäle .....	172
5.6	Berechnung der zulässigen Wasserdampfdurchlässigkeit einer Packung bzw. der erzielbaren Haltbarkeit. ....	173
<b>XVI</b>	<b>Gefährdung durch Sauerstoff</b> .....	<b>177</b>
1	Zusammensetzung der Luft .....	177
1.1	Verhalten gegenüber Lebensmitteln .....	177
2	Sauerstoff-gefährdete Inhaltsstoffe von Lebensmitteln – Einführung .....	178
2.1	Oxydation von Fetten und Ölen .....	178
2.2	Oxydation von Proteinen .....	178
2.3	Oxydative Schädigung von Aromastoffen .....	179
2.4	Sauerstoffempfindlichkeit von Vitaminen .....	179
2.5	Sauerstoffschädigung von Farbstoffen .....	179
3	Toleranzgrenzen für die Sauerstoffaufnahme von Lebensmitteln .....	180
4	Einflußgrößen für die Oxydation von Lebensmittel-Inhaltsstoffen – Überblick .....	181
4.1	Einfluß des Wassergehalts von wasserarmen Lebensmitteln ..	182
4.2	Einfluß der Temperatur auf die Oxydation .....	183
4.3	Gelöster Sauerstoff und Sauerstoffpartialdruck .....	184
4.31	Löslichkeit von Sauerstoff im Lebensmittel .....	185
4.311	Entgasen von Lebensmitteln vor dem Verpacken .....	188
4.312	Sauerstoffaufnahme beim Abfüllen .....	190
4.4	Diffusion von Sauerstoff in Lebensmitteln .....	191
4.5	Einfluß von Licht auf die Oxydation .....	192
4.6	Oxydationsfördernde Stoffe: Prooxydantien .....	193
4.7	Oxydationshemmende Stoffe: Antioxydantien .....	193
4.71	Einteilung von Antioxydantien .....	194

5	Oxydation von Fetten .....	194
5.1	Überblick .....	194
5.2	Autoxydation .....	195
5.3	Photooxydation .....	197
5.3.1	Unterschiede: Autoxydation/Photooxydation .....	198
5.3.2	Verpackungsmaßnahmen gegen Lichtoxydation .....	199
5.4	Enzymatisch gesteuerte Oxydation .....	199
6	Muskelfarbstoff und Sauerstoff .....	200
6.1	Frischfleisch: Myoglobin .....	200
6.2	Pökelfarbstoff Nitrosomyoglobin .....	201
7	Sauerstoffdichte Verpackungen .....	202
8	Gasdurchlässigkeit von Kunststoffen .....	203
8.1	Möglichkeiten des Gasdurchgangs durch Kunststoffe .....	204
8.1.1	Lösungsdiffusion (Permeation) in Kunststoffen .....	204
8.1.1.1	Einfluß der Art des Kunststoffs .....	209
8.1.1.2	Einfluß der Art der Gase .....	209
8.1.1.3	Gegenseitige Beeinflussung mehrerer Gase und Gesamtdruck .....	210
8.1.1.4	Einfluß von Weichmacher .....	210
8.1.1.5	Einfluß von Wasserdampf .....	210
8.1.1.6	Einfluß der Temperatur .....	212
8.1.2	Gasdurchgang durch poröse Packstoffe bzw. porenfreie Packstoffe mit Leckstellen .....	215
8.1.3	Steigerung der Gasdichtigkeit von Packstoffen aus Kunststoffen .....	217
8.1.3.1	Kombinationen aus mehreren Kunststoffschichten .....	218
8.1.3.2	Aluminium-Kunststoff-Verbunde .....	219
8.1.3.3	Kunststoffe mit Aluminium-Bedampfung .....	221
8.1.3.4	Kunststoffe mit aufgedampften keramischen Schichten .....	222
8.1.4	Packstoffverbunde für Packungen mit Sauerstoffschutz .....	225
8.1.4.1	Beutel .....	226
8.1.4.2	Thermogeformte formfeste Packungen (Becher, Schalen, Wannen) .....	227
8.1.4.3	Thermogeformte Weichpackungen (Mulden) .....	228
8.1.4.4	Blasgeformte Hohlkörper, wie Flaschen und Weithalsbehälter .....	228
8.1.5	Konzentrationsverlauf des Sauerstoffs in sauerstoffarmen Verpackungen .....	229
9	Methoden zum sauerstoffarmen Verpacken .....	233
9.1	Überblick .....	233
9.2	Herstellmethoden für Vakuumpackungen und Schutzgas- packungen mit Unterdruck .....	236
9.2.1	Vakuunkammer-Methode .....	236
9.2.2	Vakuüm-Halbkammer (Haube) .....	238
9.2.3	Schnorchel-Evakuierung .....	239

9.3	Herstellmethoden für Schutzgaspackungen . . . . .	240
9.31	Horizontal arbeitende Schlauchbeutelmaschinen für stückige Güter . . . . .	240
9.32	Vertikal arbeitende Schlauchbeutelmaschinen für stückiges und körniges Gut. . . . .	241
9.33	Vertikale Schlauchbeutelmaschinen für pulverförmiges Füllgut . . . . .	242
9.34	Beseitigung des Sauerstoffs in Packungen durch Absorption ..	243
9.4	Vorteile von Schutzgaspackungen und von Vakuumpackungen bzw. Schutzgaspackungen mit Unterdruck. . . . .	245
9.5	Versorgung mit Schutzgasen . . . . .	246
9.51	Überblick . . . . .	246
9.52	Eigenerzeugung von Schutzgasen . . . . .	247
9.521	Verbrennung von Gas (ältere Methoden) . . . . .	247
9.522	Membrantrenn-Verfahren . . . . .	248
9.523	Druckwechsel-Absorption zur Stickstoffgewinnung . . . . .	248
9.524	Druckwechsel-Absorption zur CO <sub>2</sub> -Gewinnung . . . . .	248
9.525	CO <sub>2</sub> -Gewinnung aus Gärprozessen . . . . .	249
9.53	Kostenvergleich. . . . .	249
9.54	Einige Vor- und Nachteile der verschiedenen Versorgungs- möglichkeiten mit Stickstoff. . . . .	249
9.55	Sicherheitsfragen . . . . .	250
<b>XVII</b>	<b>Mikroorganismen und Verpackung . . . . .</b>	<b>255</b>
1	Historie . . . . .	255
2	Grundlagen . . . . .	255
2.1	Einteilung der Mikroorganismen. . . . .	255
2.11	Zwei Formen: vegetative Mikroorganismen und Sporen . . . . .	257
2.2	Vermehrung und Wachstumskurve . . . . .	258
2.3	Ausbreitung von Mikroorganismen im Lebensmittel . . . . .	259
2.4	Keimzahlen in Lebensmitteln . . . . .	259
2.41	Oberflächenkeimzahl (OKZ). . . . .	260
2.5	Arten von mikrobiell bedingten Schäden . . . . .	261
2.51	Schädigung von Lebensmitteln . . . . .	261
2.52	Lebensmittel-Infektionen und -Vergiftungen . . . . .	261
2.521	Schwerpunkte des Auftretens von mikrobiell bedingten Erkrankungen . . . . .	262
2.522	Einige pathogene Mikroorganismen in Lebensmitteln . . . . .	262
2.523	Andere biologische Schädigungsmöglichkeiten . . . . .	264
2.6	Mikroorganismen in Wasser . . . . .	264
2.7	Mikroorganismen in der Luft . . . . .	264
2.8	Mikroorganismen auf Packstoffen und Packmitteln . . . . .	265
2.81	Bedeutung von Keimen auf Packmitteln. . . . .	265
2.82	Oberflächen-Keimzahlen (OKZ) von Packmitteln. . . . .	266
2.83	Packstoffe für mikrobiell sensible Packgüter . . . . .	268

3	Maßnahmen zur Minderung schädlicher mikrobieller Einflüsse . . . . .	268
3.1	Überblick . . . . .	268
3.2	Abhängigkeit des MO-Wachstums von der Wasseraktivität . . .	269
3.21	Grenzen für Wachstum und Toxinbildung von Mikroorganismen . . . . .	269
3.22	Absenken der Wasseraktivität . . . . .	271
3.3	Abhängigkeit des MO-Wachstums vom pH-Wert . . . . .	273
3.31	pH-Wert-Bereiche für verschiedene Mikroorganismen . . . . .	273
3.32	Einteilung der Lebensmittel nach pH-Wert . . . . .	275
3.4	Abhängigkeit von der Gasatmosphäre . . . . .	275
3.41	Einteilung der Mikroorganismen nach Verhalten gegenüber Sauerstoff . . . . .	275
3.42	Sauerstoffarme Verpackungen . . . . .	279
3.421	Gefährdung durch Aerobier . . . . .	279
3.422	Mikroaerophile Mikroorganismen . . . . .	280
3.423	Fakultative Anaerobier . . . . .	280
3.424	Anaerobier . . . . .	281
3.425	Hemmung des Wachstums durch erhöhte Sauerstoffkonzentrationen . . . . .	281
3.43	Wirkung von Kohlendioxid . . . . .	281
3.431	Historie . . . . .	282
3.432	Löslichkeit von CO <sub>2</sub> in Wasser und Senkung des pH-Werts . . .	282
3.433	Verschiedene Wirkbereiche . . . . .	283
3.434	Wirkung auf verschiedene Mikroorganismen . . . . .	283
3.5	Einfluß der Temperatur auf Mikroorganismen . . . . .	285
3.51	Charakteristik des Wachstumsbereichs . . . . .	285
3.52	Einteilung nach optimalen Wachstumstemperaturen . . . . .	286
3.53	Kühl Lagerung . . . . .	286
3.531	Temperaturgrenzen für pathogene Mikroorganismen und Toxinbildung . . . . .	287
3.532	Gesetzliche Regelungen für gekühlte Lebensmittel . . . . .	288
3.533	Packungen und Packstoffe für Kühl Lagerung . . . . .	288
3.534	Kombination von Pasteurisieren und Kühlen . . . . .	289
3.54	Gefrier Lagerung . . . . .	289
3.541	Verhalten der Mikroorganismen bei Einfrieren und Gefrier Lagerung . . . . .	289
3.542	Verhalten der Mikroorganismen beim Auftauen . . . . .	290
3.55	Haltbarmachen durch erhöhte Temperatur . . . . .	290
3.551	Kennwerte für die Hitzebehandlung . . . . .	290
3.552	Feuchtthermische Erhitzung . . . . .	292
3.552.1	Pasteurisieren: Haltbarmachen bei Atmosphärendruck . . . . .	292
3.552.2	Sterilisieren: Haltbarmachen bei Überdruck . . . . .	294
3.552.3	Tyndallisieren . . . . .	296
3.553	Trockenthermische Erhitzung . . . . .	296

3.553.1	Reaktion der Mikroorganismen .....	296
3.553.2	Anwendungen .....	297
3.554	Enzyminaktivierung .....	297
3.555	Kochschädigung .....	298
3.556	Arbeitsfelder für Sterilisierung nach dem Abpacken und für aseptische Abfüllung .....	298
3.6	Weitere Methoden zur Keimzahlverminderung .....	301
3.61	Mechanische Methoden .....	301
3.611	Entkeimungsfiltration .....	301
3.612	Zentrifugieren: „Bactofugieren“ .....	301
3.613	Isostatische Hochdruckentkeimung (UHP-Prozeß) .....	302
3.614	Hohe CO <sub>2</sub> -Drücke .....	303
3.615	Thermosonifikation .....	304
3.62	Elektrische Methoden .....	305
3.621	Direkte elektrische Widerstandserhitzung .....	305
3.622	Elektroimpulse .....	305
3.623	Plasma .....	306
3.63	Bestrahlung .....	306
3.631	Ultraviolett (UV) .....	306
3.632	Lichtimpulse .....	308
3.633	Mikrowellen und Strahlung mit Radiofrequenzen .....	309
3.634	Ionisierende Bestrahlung .....	310
3.64	Chemische und biologische Methoden .....	310
3.641	Säuern und Schutzkulturen .....	310
3.642	Chemische Konservierungsmittel .....	311
3.643	Schwefeln .....	312
3.644	Pyrokohlensäureester .....	313
3.645	Äthylalkohol .....	313
3.646	Zucker und Kochsalz .....	313
3.647	Pökeln .....	314
3.648	Räuchern .....	314
3.7	Biostatische und biozide Wirkung von Packmitteln („Aktive Verpackung“) .....	315
3.71	Sauerstoffabsorber und Kohlendioxidemitter .....	315
3.72	Ethanol-Emitter .....	315
3.73	Wasserabsorber und -Spreiter .....	316
3.74	Kontaktentkeimung .....	316
3.741	Silber-Ionen .....	316
3.742	Pflanzliche Wirkstoffe .....	317
3.743	Fruchtbehandlungsmittel auf Packstoffen .....	317
3.8	Hürdenkonzept: Kombination mehrerer keimhemmender Maßnahmen .....	317
3.9	Produkt- und Produktionshygiene .....	318
3.91	Räume: Anordnung und Gestaltung .....	319
3.911	Sterilräume und Sterilbelüftung .....	319

3.92	Verpacken .....	321
3.93	Wasser .....	322
3.94	Personal .....	322
3.95	GMP (Good Manufacturing Practice) .....	323
3.96	HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) .....	323
3.97	Qualifizierung und Validierung .....	325
<b>XVIII</b>	<b>Hitzesterilisierte Konserven .....</b>	<b>331</b>
1	Historie .....	331
2	Theoretische Grundlagen .....	332
3	Praktische Sterilität .....	332
4	Definitionen für Konserven .....	332
5	Überblick über Verfahren .....	332
6	Sterilisieren von Konserven .....	334
6.1	Bau- und Betriebsart von Sterilisierautoklaven .....	334
6.2	Vorgänge beim Sterilisieren .....	335
6.21	Überdruck .....	335
6.22	Wärmeübertragung .....	337
6.23	Erzielung des notwendigen F-Werts .....	339
7	Packungsarten .....	340
7.1	Allgemeine Anforderungen an sterilisierbare Behälter .....	340
7.2	Blechdosen .....	345
7.21	Werkstoffe .....	345
7.211	Weißblech .....	345
7.212	ECCS .....	346
7.213	Aluminium .....	346
7.22	Organische Oberflächenschichten .....	346
7.23	Dosenarten .....	347
7.231	Dreiteilige Dosen .....	347
7.232	Zweiteilig gezogene Dosen .....	347
7.24	Verschließen von Konservendosen .....	348
7.25	Öffnungseinrichtungen .....	349
7.26	Spezielle sterilisierbare Dosen .....	349
7.3	Glasbehälter und ihre Verschlüsse .....	349
7.31	Verschlüsse .....	350
7.4	Neuere flache Packungen .....	352
7.41	Flachbeutel und Standbeutel .....	353
7.42	Döschen und Schalen aus Aluminium-Verbund .....	354
7.43	Flexible Kunststoff-Muldenpackungen .....	355
7.44	Halbsteife Kunststoffschalen .....	355
<b>XIX</b>	<b>Aseptisches Verpacken .....</b>	<b>359</b>
1	Historie .....	359
2	Einzelschritte der aseptischen Methoden .....	360
3	Vor- und Nachteile der aseptischen Methoden .....	360

3.1	Vorteile .....	361
3.11	Vorteile gegenüber Frischprodukten .....	361
3.12	Vorteile gegenüber nachsterilisierten Produkten .....	361
3.13	Vorteile gegenüber pasteurisierten gekühlten Produkten .....	362
3.14	Vorteile gegenüber Tiefkühlkost .....	362
3.2	Nachteile .....	363
3.21	Hoher technischer Aufwand .....	363
3.22	Eingeschränkte Eignung .....	363
4	Aufgaben der aseptischen Methoden .....	363
4.1	Vorsterilisierung der abzufüllenden Produkte .....	363
4.11	Vorsterilisierungsmethoden für partikelfreie flüssige Produkte ...	364
4.12	Vorsterilisierungsmethoden für Flüssigkeiten und Pasten mit Partikeln .....	364
4.2	Entkeimung von Verpackungsmaterial und Packungen .....	367
4.21	Keimzahlen von Verpackungsmaterialien und Packungen .....	367
4.22	Einfluß des pH-Werts des Lebensmittels auf die Entkeimung .	367
4.23	Physikalische Methoden der Entkeimung .....	368
4.231	Trockene Hitze .....	368
4.232	Halbfeuchte Hitze .....	368
4.233	Feuchte Hitze: Sattedampf .....	369
4.234	Ultraviolett-Bestrahlung (UV) .....	369
4.235	Bestrahlung mit ionisierenden Strahlen .....	369
4.236	Entkeimung mit Plasma .....	370
4.24	Chemische Methoden der Entkeimung .....	370
4.241	Wasserstoffperoxid .....	370
4.242	Peressigsäure .....	371
4.243	Ozon .....	371
4.244	Weitere Chemikalien .....	371
4.3	Vorsterilisieren der aseptischen Anlagen .....	372
4.31	Vorsterilisation von Verpackungsmaschinen .....	372
4.32	Vorsterilisation von Füllsystemen und Füllgutleitungen .....	372
4.33	Vorsterilisation von Luft- und Gasfiltern sowie der Leitungen .	372
4.4	Bewahrung der Sterilität in aseptischen Maschinen .....	373
4.5	Aseptische Füller .....	373
4.51	Abfüllen von Flüssigkeiten .....	374
4.52	Abfüllen von Flüssigkeiten und Pasten mit Partikeln .....	374
4.6	Verschliessen von aseptisch gefüllten Packungen .....	375
5	Packungen für aseptische Abfüllung .....	375
5.1	Verbraucherpackungen .....	375
5.2	Packungen für Großverbraucher; Transport- und Lagerbehälter .....	376
6	Aseptisch gefüllte Produkte .....	377
6.1	Flüssigkeiten .....	377
6.2	Flüssigkeiten und Pasten mit Partikeln .....	377
7	Regelwerke .....	377

<b>XX</b>	<b>Pasteurisieren / Kombination mit Kühlung</b> .....	381
1	Ziele der Pasteurisierung .....	381
2	Pasteurisierungsbedingungen .....	382
3	Pasteurisierung und Verpackung saurer Produkte .....	382
3.1	Methoden des Pasteurisierens .....	382
3.1.1	Pasteurisieren vor dem Verpacken .....	382
3.1.2	Pasteurisieren nach dem Verpacken .....	383
3.1.3	Pasteurisieren beim Verpacken: Heißfüllung .....	383
3.1.3.1	Verpackungen für Heißfüllung .....	384
4	Pasteurisieren von Lebensmitteln mit erniedrigter Wasseraktivität .....	386
5	Kombination von Pasteurisierung und Kühlung .....	387
5.1	Frischmilch und -Produkte .....	387
5.2	Fleisch- und Wurstwaren .....	388
5.3	Fertiggerichte und ihre Bestandteile .....	388
5.3.1	Historie .....	388
5.3.2	Notwendige Voraussetzungen .....	389
5.3.3	Verpackungen .....	390
5.3.4	Einzelne Verfahren .....	391
5.3.4.1	Verfahren mit konventioneller Erhitzung .....	391
5.3.4.2	Verfahren mit Mikrowellenerhitzung .....	392
<b>XXI</b>	<b>Tiefkühlpackung</b> .....	395
1	Mikroorganismen in Gefrierkost .....	395
2	Physikalische Vorgänge beim Einfrieren und Gefrierlagern ...	395
3	Gefrierverfahren .....	396
4	Qualitätsschädigungen bei Gefrierlagerung .....	397
4.1	Austrocknen .....	397
4.2	Gefrierbrand .....	398
4.3	Enzymatische Schädigung .....	398
4.4	Oxydation .....	399
5	Packstoffe und Packungen .....	399
<b>XXII</b>	<b>MAP (Modified Atmosphere Packaging)</b>	
	<b>Behinderung von Mikroorganismen-Wachstum durch Entzug von Sauerstoff und Zugabe von Kohlendioxid</b> .....	401
1	Historie .....	401
2	Atmosphärische Einflüsse auf die Behinderung von Mikroorganismen .....	402
2.1	Entzug von Sauerstoff .....	402
2.2	Zugabe von Kohlendioxid .....	403
3	Vorteile der Verpackung in modifizierten Atmosphären .....	405
4	Nachteile und Risiken von MAP .....	405
5	Beachtung wichtiger Punkte bei MAP für kritische Produkte und Anwendungen .....	406

5.1	Niedriges Ausgangsniveau der Keimzahl .....	406
5.2	Niedrige Produkt- und Lagertemperatur .....	407
5.3	Richtige individuelle Gasmischung .....	407
5.4	Dichte und widerstandsfähige Verpackungen .....	407
6	Anwendungen für verschiedene Lebensmittel .....	410
6.1	Geschälte Kartoffel .....	410
6.2	Frischfleisch .....	411
6.21	Muskelfarbstoff bei rotem Frischfleisch .....	411
6.22	Verkaufspackungen für Frischfleisch .....	412
6.221	Verkaufspackung aus Schalen mit sauerstoffdurchlässiger Folienumhüllung .....	412
6.222	Gasdichte Verkaufspackungen mit Gasgemisch aus CO <sub>2</sub> und O <sub>2</sub> .....	413
6.223	Gasdichte Packungen mit hohem CO <sub>2</sub> -Gehalt und späterer Aufrötung .....	414
6.224	Vakuumpackungen mit Frischfleisch .....	414
6.23	Kombination aus CO <sub>2</sub> -begaster Transportpackung („Masterbag“) und gasdurchlässiger Verkaufspackung .....	415
6.3	Verkaufspackungen für Geflügel .....	415
6.4	Verkaufspackungen für Fisch und Meeresgetier .....	416
6.5	Fleischreifepackung .....	417
6.6	Kopfraumbegasung bei Joghurt und Desserts .....	419
<b>XXIII</b>	<b>Verpackungen mit kontrollierter Atmosphäre (CAP) .....</b>	<b>423</b>
1	Grundlagen der Verpackung in kontrollierter Atmosphäre – Überblick .....	424
2	Einzeleinflüsse .....	424
2.1	Temperatur .....	425
2.2	Atmungsgeschwindigkeit und Haltbarkeit .....	426
2.21	Aerobe und anaerobe Atmung .....	426
2.22	Nicht-nachreifende und nachreifende Produkte .....	427
2.23	Natürliche Atmungsgeschwindigkeit verschiedener Produkte .....	428
2.24	Einfluß einer Verminderung der Sauerstoffkonzentration und einer Anhebung der Konzentration von Kohlendioxid ...	428
2.241	Bremmung der Atmungsgeschwindigkeit .....	430
2.242	Günstige Gasgemische und Lagertemperaturen sowie erzielbare Lagerdauer .....	430
2.243	Aktive und passive Änderung der Gaskonzentrationen in Verpackungen .....	433
2.244	Haltbarkeit außerhalb der optimalen Bedingungen .....	435
2.3	Ethylen und sein Einfluß auf Reifung und Alterung .....	436
2.4	Mikroorganismen und CAP .....	437
2.41	Lagertemperaturen .....	438
2.42	Einfluß der Gaskonzentrationen auf die Mikroorganismen ...	438

2.43	Chemische Hemmung des Mikroorganismenwachstums . . . .	439
2.5	Einfluß von Licht . . . . .	440
3	Notwendige Maßnahmen bei Ernte, Bearbeitung, Verpackung und Transport . . . . .	440
3.1	Ernte . . . . .	440
3.2	Bearbeitung . . . . .	440
3.3	Verpackung . . . . .	441
4	Verpackungen und Packstoffe mit angepaßter Durchlässigkeit . . . . .	442
4.1	Gasdurchgang bei Temperaturabweichungen . . . . .	444
4.2	Ethylenabsorption . . . . .	445
5	Vorteile einer Verpackung von Frischprodukten in CAP . . . . .	446
<b>XXIV</b>	<b>Gefährdung durch Insekten . . . . .</b>	<b>449</b>
1	Entwicklungsstadien und Lebensbedingungen . . . . .	450
2	Möglichkeiten des Eintrags und Eindringens von Insekten in Verpackungen . . . . .	451
2.1	Überblick . . . . .	451
2.2	Befall schon im Lebensmittel vorhanden . . . . .	452
2.2.1	Entwesen des Lebensmittels vor dem Verpacken . . . . .	452
2.2.2	Entwesen des Lebensmittels nach dem Verpacken . . . . .	453
2.2.2.1	Anwendung modifizierter Atmosphären . . . . .	454
2.3	Insektenbefall durch kontaminiertes Packmittel . . . . .	458
2.4	Befall der Packungen von außen . . . . .	458
2.4.1	Invasion durch Undichtigkeiten . . . . .	459
2.4.2	Penetration durch dichte Packungen . . . . .	460
2.4.2.1	Widerstandsfähigkeit von Packstoffen . . . . .	461
2.4.3	Insektenabtötende, -abstoßende und fraßhemmende Verpackungen . . . . .	462
<b>XXV</b>	<b>Aromaschäden . . . . .</b>	<b>467</b>
1	Definitionen . . . . .	467
2	Zusammensetzung von Aromen . . . . .	467
3	Schwellenwerte für die Wahrnehmung . . . . .	468
4	Aromaempfindlichkeit von Lebensmitteln . . . . .	468
5	Aromaschädigung von verpackten Lebensmitteln . . . . .	469
5.1	Abgabe von Aroma des Lebensmittels an die Verpackung . . . .	470
5.2	Aufnahme von Fremdaroma aus Verpackungen . . . . .	471
5.2.1	Verteilungskoeffizienten K . . . . .	472
5.2.2	Ursachen von Fehlgerüchen in Verpackungen . . . . .	475
5.3	Eindringen von Fremdaroma in die Packung . . . . .	478
5.4	Entweichen von Aroma aus Packungen . . . . .	480
6	Aromaänderung durch chemische Reaktionen . . . . .	481
7	Sensorische Veränderungen und Haltbarkeitsdauer von Lebensmitteln . . . . .	482

<b>XXVI</b>	<b>Wechselwirkungen Lebensmittel / Verpackung</b> .....	485
1	Migration von Packungsbestandteilen in Lebensmittel .....	485
1.1	Migrierende Stoffe aus Packstoffen .....	485
1.2	Gesetzmäßigkeit der Migration .....	486
2	Lebensmittelrecht für Bedarfsgegenstände .....	487
2.1	Abstimmung zwischen deutschen Regelungen und europäischem Recht .....	487
2.2	Deutsches Lebensmittelrecht .....	488
2.21	Geschichtliche Entwicklung .....	488
2.22	Das deutsche Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände- gesetz (LMBG) .....	489
2.23	Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes (jetzt BgVV) ...	490
2.3	Resolutionen des Europarates .....	490
2.4	Regelungen der Europäischen Gemeinschaft .....	491
2.41	Globalmigration (GM) .....	493
2.42	Spezifische Migration (SML) und erlaubte Höchst- mengen (QM) .....	494
2.421	Festlegung des Grenzwerts für potentiell toxische Stoffe ....	494
2.422	Festlegung des zugelassenen Werts bei cancerogenen/ mutagenen Stoffen .....	495
2.423	Toxikologische Einzelbewertungen und Grenzen .....	496
2.5	Messung der Migration .....	497
2.51	Spezialfälle der Migration .....	499
2.511	Migration bei hohen Temperaturen .....	499
2.512	Migration in trockene Lebensmittel .....	499
2.513	Migration bei mehrmaliger Verwendung (Mehrweg, Recycling) .....	500
2.514	Migration bei Blechdosen .....	501
3	Beeinträchtigung der Verpackungen durch Wechselwirkungen	502
<b>XXVII</b>	<b>Schädigung durch Licht</b> .....	505
1	Lichtgefährdete Lebensmittel und -Bestandteile .....	505
2	Lichtspektrum .....	506
3	Licht und Energie .....	506
4	Äußere Einflüsse auf die Lichtgefährdung von verpackten Lebensmitteln – Überblick .....	507
4.1	Lichtquellen: Emissionsspektrum der Sonne und künstlicher Lichtquellen .....	508
4.2	Beleuchtungsstärke auf den Packungen .....	509
4.3	Transmission von Licht durch Packstoffe .....	510
4.4	Remission, Transmission und Absorption von Licht in Lebensmitteln .....	516
5	Lichtinduzierte Reaktionen von Lebensmitteln .....	517
5.1	Einflußgrößen für die Schädigung von Lebensmitteln durch Licht .....	517

5.2	Lichtinduzierte Reaktionstypen .....	517
5.21	Lichtinduzierte Autoxydation .....	517
5.22	Photooxydation .....	518
5.23	Zerfall von Farbstoffen durch Lichtenergie .....	519
5.24	Photosensibilisierte Oxydation von Farbstoffen .....	519
5.3	Lichtinduzierte Reaktionen bei Einzellernahrungsmitteln und Verpackungsmaßnahmen .....	520
5.31	Speiseöle .....	520
5.311	Verpackung von Speiseölen .....	522
5.32	Milch .....	523
5.321	Verpackungen für Milch und Milchprodukte .....	524
5.33	Joghurt .....	526
5.34	Käse .....	527
5.35	Butter .....	528
5.36	Diverse lichtempfindliche Lebensmittel .....	529
6	Verpackungsmaßnahmen – Zusammenfassung .....	531
7	Schäden durch langwellige Strahlung .....	532
<b>XXVIII</b>	<b>Mikrowellen und Verpackung .....</b>	<b>537</b>
1	Frequenzen und Eigenschaften .....	537
2	Historie .....	537
3	Anwendungen für Lebensmittel .....	538
4	Erwärmung durch Mikrowellen .....	539
4.1	Schwierigkeiten für eine gleichmäßige Erwärmung .....	539
4.11	Energieverteilung im MW-Herd .....	539
4.12	Eindringtiefe in die Lebensmittel .....	540
4.13	Energieabsorption und spezifische Wärmekapazität .....	540
4.14	Feldkonzentrierung, Focussierung und stehende Wellen .....	543
5	Packstoffe und Packungen für Mikrowellenerwärmung .....	544
5.1	Mikrowellen-durchlässige (passive) Packungsarten .....	545
5.11	Grundanforderungen .....	545
5.111	Temperaturbelastbarkeit .....	545
5.112	Vermeidung von Überdruck beim Erhitzen .....	546
5.113	Notwendige Dichtigkeit .....	547
5.114	Thermische Isolierung .....	547
5.12	Packungen .....	547
5.121	Halbsteife Schalen .....	547
5.122	Flexible Muldenpackungen .....	548
5.123	Beutel .....	549
5.2	Suszeptoren und Mikrowellenabsorber .....	549
6	Ernährungsphysiologische und gesundheitliche Aspekte .....	550
<b>XXIX</b>	<b>Ionisierende Strahlung .....</b>	<b>553</b>
1	Historie und Entwicklung .....	553
2	Meßgrößen .....	554

3	Strahlungsquellen und Eigenschaften .....	554
4	Notwendige Bestrahlungsdosis .....	554
5	Wirkungen .....	555
5.1	Mikroorganismen .....	555
5.2	Insekten .....	556
5.3	Nebenwirkungen auf Lebensmittel .....	556
6	Mögliche Anwendungen .....	557
6.1	Sterilisation mit Dosis >10 kGy („Radapperisation“) .....	558
6.2	Dosis 1 bis 10kGy (Strahlenpasteurisierung) .....	558
6.3	Dosis < 1kGy (Entwesung) .....	559
7	Packstoffe und Packmittel .....	559
8	Rechtliche Regelungen und Anwendungen .....	561
8.1	Kenntlichmachung bestrahlter Lebensmittel .....	562
8.2	Nachweismethoden .....	562
<b>XXX</b>	<b>Verpackung und Umwelt .....</b>	<b>565</b>
1	Historie .....	565
2	Ökologischer Nutzen der Verpackung .....	568
3	Mengen .....	569
4	Verpackungs- und Abfallrecht .....	571
4.1	Regelungen in Deutschland .....	571
4.1.1	Verpackungsverordnung (VPVO – 1991) .....	573
4.1.2	Getränke-Mehrwegverordnung (1991) .....	575
4.1.3	Novelle der deutschen Verpackungsverordnung .....	575
4.1.4	Technische Anleitung (TA)-Siedlungsabfall (1993) .....	577
4.1.5	Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrW/AbfG – 1996) .....	577
4.1.6	Folgen der gesetzlichen Änderungen .....	578
4.1.6.1	Duales System Deutschland (DSD) .....	578
4.2	Regelungen in der Europäischen Union .....	581
4.2.1	Europäische Verpackungsrichtlinie: (EUVPRL – 1994) .....	581
4.2.1.1	Ergänzungen der Europäischen Verpackungs-Richtlinie .....	585
4.2.1.2	Normen .....	585
5	Ökobilanzen .....	586
6	Vermeiden und Vermindern von Verpackungen .....	589
6.1	Vermindern des stofflichen Aufwands .....	590
6.1.1	Optimierung des Gesamtsystems .....	590
6.1.2	Sparsamere Packungsalternativen .....	590
6.1.3	Vermeidung von Produktionsabfall und Ausschuß .....	590
6.1.4	Vermeidung von systembedingtem Mehrverbrauch .....	591
6.1.5	Optimierung der Einzelpackungen .....	591
6.2	Vermindern des Energieeinsatzes .....	593
7	Verwerten von Verpackungen .....	594
7.1	Glas .....	595
7.2	Weißblech .....	595
7.3	Aluminium .....	596

---

7.4	Papier, Karton, Pappe . . . . .	596
7.5	Kartonpackungen für Getränke . . . . .	598
7.6	Kunststoffe . . . . .	598
7.61	Werkstoffliches Recycling . . . . .	598
7.62	Rohstoffliche und energetische Verwertung . . . . .	601
7.621	Hausmüllverbrennung . . . . .	603
7.63	Abbaubare Kunststoffe . . . . .	604
7.631	Mechanismen des Abbaus . . . . .	605
7.632	Abbaubare Materialarten . . . . .	605
7.633	Einschränkungen für die Anwendung . . . . .	606
7.634	Einsatzmöglichkeiten . . . . .	608
7.635	Kompostierung . . . . .	608
8	Wiederverwenden: Mehrweg . . . . .	609
8.1	Mehrwegsysteme für Flüssigkeiten . . . . .	610
8.11	Mineralwasser und Limonaden . . . . .	610
8.12	Fruchtsäfte . . . . .	611
8.13	Milch . . . . .	611
8.131	Ökobilanzvergleich für Frischmilch . . . . .	612
8.14	Ökobilanzvergleich für Bier . . . . .	613
8.2	Mehrweg-Transport-Systeme (MTS) . . . . .	613
9	Öko-Managementsystem, -Audit und -Validierung . . . . .	615
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>		<b>625</b>





<http://www.springer.com/978-3-540-64920-5>

Verpackung von Lebensmitteln  
Lebensmitteltechnologische, verpackungstechnische  
und mikrobiologische Grundlagen

Buchner, N.S.

1999, XXIX, 658 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-64920-5