
Inhaltsverzeichnis

I	Funktionen der Verpackung	1
1	Indirekte Funktionen der Verpackung	1
2	Direkte Verpackungsfunktionen (Überlick)	4
II	Wirtschaft und Verpackung	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
III	Kosten der Verpackung	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

IV	Energie bei Verpackung	37
V	Qualität bei Verpackung	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
VI	Sicherheit bei Verpackung	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
VII	Recht der Verpackung	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
VIII	Normung bei Verpackung	65
1	Deutsche Normen	66
2	Europäische Normung	66
2.1	Normen mit Rechtsverbindlichkeit	66
3	Hinweise auf Normen im Text	67
IX	Informieren und Deklarieren	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
X	Werbung bei Verpackung	83
1	Werbewirksamkeit	83
2	Täuschungsschutz („Mogelpackungen“)	85
XI	Bilden von Einheiten und Logistik	87
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
XII	Mechanische (und klimatische) Einwirkung	103
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

XIII	Temperatureinfluß auf Verpackungen und Packgüter	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
XIV	Luftdruck	143
1	Lokale Druckunterschiede	143
2	Luftdruckschwankungen durch Ortswechsel	143
XV	Gefährdung durch Wasserdampf	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
XVI	Gefährdung durch Sauerstoff	177
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 ₂ -Gewinnung	248
9.525	CO ₂ -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
XVII	Mikroorganismen und Verpackung	255
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 ₂ 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	Kühllagerung	286
3.531	Temperaturgrenzen für pathogene Mikroorganismen und Toxinbildung	287
3.532	Gesetzliche Regelungen für gekühlte Lebensmittel	288
3.533	Packungen und Packstoffe für Kühllagerung	288
3.534	Kombination von Pasteurisieren und Kühlen	289
3.54	Gefrierlagerung	289
3.541	Verhalten der Mikroorganismen bei Einfrieren und Gefrierlagerung	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 ₂ -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
XVIII	Hitzesterilisierte Konserven	331
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
XIX	Aseptisches Verpacken	359
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

XX	Pasteurisieren / Kombination mit Kühlung	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
XXI	Tiefkühlpackung	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
XXII	MAP (Modified Atmosphere Packaging) Behinderung von Mikroorganismen-Wachstum durch Entzug von Sauerstoff und Zugabe von Kohlendioxid	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 ₂ und O ₂	413
6.223	Gasdichte Packungen mit hohem CO ₂ -Gehalt und späterer Aufrötung	414
6.224	Vakuumpackungen mit Frischfleisch	414
6.23	Kombination aus CO ₂ -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
XXIII	Verpackungen mit kontrollierter Atmosphäre (CAP)	423
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
XXIV	Gefährdung durch Insekten	449
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
2.21	Entwasen des Lebensmittels vor dem Verpacken	452
2.22	Entwasen des Lebensmittels nach dem Verpacken	453
2.221	Anwendung modifizierter Atmosphären	454
2.3	Insektenbefall durch kontaminiertes Packmittel	458
2.4	Befall der Packungen von außen	458
2.41	Invasion durch Undichtigkeiten	459
2.42	Penetration durch dichte Packungen	460
2.421	Widerstandsfähigkeit von Packstoffen	461
2.43	Insektenabtötende, -abstoßende und fraßhemmende Verpackungen	462
XXV	Aromaschäden	467
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
5.21	Verteilungskoeffizienten K	472
5.22	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

XXVI	Wechselwirkungen Lebensmittel / Verpackung	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
XXVII	Schädigung durch Licht	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 Einzellebensmitteln 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
XXVIII	Mikrowellen und Verpackung	537
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
XXIX	Ionisierende Strahlung	553
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
XXX	Verpackung und Umwelt	565
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
Sachverzeichnis		625

