

Inhaltsverzeichnis

1	Maßsysteme und Einheiten	
1.1	Entwicklung bis zum Einheitengesetz	3
1.2	Definitionen	3
1.3	Vorsätze zur Bezeichnung von Vielfachen und Teilen von Einheiten mit selbständigen Namen	12
1.4	Literatur	13
2	Meteorologisches	
2.1	Sonnenstrahlung	17
2.2	Lufttemperatur und Luftfeuchte	22
2.3	Wasser- und Bodentemperaturen	27
2.4	Wind	29
2.5	Zusammengefaßte Klimadaten	31
3	Strömung	
3.1	Messung	35
3.2	Druckabfall	38
3.2.1	Reibungswiderstand	38
3.2.2	Widerstand in verschiedenen Querschnitten	41
3.2.3	Einzelwiderstände	43
3.2.4	Beispiel	43
3.2.5	Auslegung von Regelarmaturen über den k_V -Wert	46
4	Wärmelehre	
4.1	Wärmeübertragung	55
4.1.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	55
4.1.2	Wärmeübertragung durch Leitung	56

4.1.3	Wärmeübertragung durch Konvektion	57
4.1.3.1	Wärmeübertragung bei erzwungener Strömung	58
4.1.3.2	Wärmeübertragung bei freier Strömung	60
4.1.3.3	Änderung des Aggregatzustandes	61
4.1.3.4	Wärmedurchgang	61
4.2.	Grundsätze der Wärmelehre	68
4.2.1	Hauptsätze und allgemeine Bezeichnungen	68
4.2.2	Gasgesetze und Zustandsgleichungen	69
4.2.3	Zustandsänderungen	71
4.2.3.1	Isochore $v = \text{konst.}$	71
4.2.3.2	Isobare $p = \text{konst.}$	71
4.2.3.3	Isotherme $T = \text{konst.}$	71
4.2.3.4	Adiabate (Isentrope) $s = \text{konst.}$	71
4.2.3.5	Polytrope	71
4.2.4	Diagramme	72
4.2.5	Kreisprozesse	73
4.3	Verfahren der Kälteerzeugung	75
4.3.1	Einteilung	75
4.3.1.1	Thermodynamische Verfahren	75
4.3.1.2	Elektrische und magnetische Prozesse	76
4.3.2	Kältemischung	76
4.3.3	Expansionsprozesse	76
4.3.4	Dampfstrahl-Kältemaschine	80
4.3.5	Thermoelektrische Kühlung	80
4.4	Zustandsänderung feuchter Luft	81
4.4.1	Grundlagen	81
4.4.2	Erwärmung	82
4.4.3	Abkühlung	83
4.4.4	Kühlgrenztemperatur	83
5.	Absorptions-Kälteanlagen	
5.1	Absorptionsprinzip	87
5.1.1	Theorie	88
5.1.2	Berechnung	89
5.2	Lithiumbromid-Absorptions-Kälteanlagen	90
5.2.1	Arbeitsweise	91
5.2.2	Einsatzbedingungen	92

5.2.3	Verbrauchszahlen	94
5.2.4	Leistungsregelung	95
5.2.5	Bauelemente	96
5.3	Ammoniak-Absorptions-Kälteanlagen	99
5.3.1	Einstufige Anlage	100
5.3.1.1	Arbeitsweise	100
5.3.1.2	Wärmeverhältnis	103
5.3.1.3	Verbrauchszahlen	103
5.3.1.4	Regel- und Anpassungsfähigkeit	104
5.3.1.5	Aufstellung und Anordnung	105
5.3.2	Mehrstufige Anlage	105
5.3.2.1	Verbrauchszahlen	107
5.4	Betriebskostenvergleich	110
5.5	Absorptions-Kälteapparate	112
5.6	Absorptions-Wärmepumpen	114
5.6.1	Arbeitsweise	114
5.6.2	Ausführung	115
5.6.3	Heizzahl	116
5.6.4	Mindest-Heizmitteltemperatur	117
5.6.5	Maximal mögliche Nutzwärmetemperatur	117
5.6.6	Wirtschaftlichkeit	118
6.	Verdichtungs-Kälteanlagen	
6.1	Allgemeines	125
6.1.1	Begriffsbestimmungen	125
6.1.2	Arbeitsweise	126
6.1.3	Kältemittel	127
6.1.3.1	Allgemeines	127
6.1.3.2	Begriffe und Kurzzeichen	127
6.1.3.3	FKW-Kältemittel	130
6.1.3.4	Ammoniak	131
6.1.3.5	Einteilung, Anwendungsgebiete und Vergleiche der Kältemittel	132
6.1.3.6	Endtemperaturen von Kältemitteln bei isotroper Verdichtung	136
6.1.3.7	Kältemittel und Schmierstoffe	137

6.2	Verdichter	141
6.2.1	Berechnungsgrundlagen	141
6.2.2	Hubkolbenverdichter	168
6.2.2.1	Regelung von Hubkolbenverdichtern	186
6.2.2.2	Ölfreie Kolbenverdichter	189
6.2.3	Rotationsverdichter	191
6.2.3.1	Drehkolbenverdichter	191
6.2.3.2	Rollkolbenverdichter	193
6.2.3.3	Schraubenverdichter	195
6.2.3.4	Turboverdichter	214
6.2.4	Verdichtereinsatzgebiete	222
6.3	Antriebe	222
6.3.1	Elektromotore	222
6.3.2	Sonstige Antriebe	230
6.3.3	Kraftübertragung	231
6.3.3.1	Kraftübertragung durch Keilriemen	231
6.3.3.2	Kraftübertragung durch direkte Kupplung	233
6.4	Verflüssiger	235
6.4.1	Verflüssigerleistung	235
6.4.2	Verflüssigerbauarten	240
6.4.2.1	Wassergekühlte Verflüssiger	240
6.4.2.2	Verdunstungsverflüssiger	247
6.4.2.3	Luftgekühlte Verflüssiger	253
6.4.3	Einfluß der Verschmutzung auf die Verflüssigerleistung	257
6.4.4	Vergleich verschiedener Verflüssiger und Wasserrückkühlanlagen	260
6.5	Wasserrückkühlanlagen	260
6.5.1	Wasserrückkühlanlagen mit offenem Kühlwasserkreislauf	260
6.5.2	Wasserrückkühlanlagen mit geschlossenem Kühlwasserkreislauf	265
6.6	Verdampfer	266
6.6.1	Röhrenkesselverdampfer	266
6.6.2	Rohrbündelverdampfer	268
6.6.3	Rohrschlangenverdampfer	269
6.6.4	Plattenverdampfer	270
6.6.5	Lamellenverdampfer	271
6.7	Apparate und Behälter im Kältemittelkreislauf	283

6.7.1	Ölabscheider	283
6.7.2	Hochdrucksammler	285
6.7.3	Flüssigkeitsabscheider	287
6.7.4	Wärmeaustauscher	295
6.7.5	Entlüftung	296
6.8	Kältemittelregelung und -verteilung	297
6.8.1	Entspannungsorgane	297
6.8.1.1	Entspannungsorgane für trockene Verdampfung	297
6.8.1.2	Entspannungsorgane für überflutete Verdampfung	306
6.8.2	Sekundärregler	309
6.8.2.1	Niveauregler	309
6.8.2.2	Magnetventile	312
6.8.2.3	Druck- und Temperaturregler	315
6.8.2.4	Elektronische Saugdruckregler	318
6.8.2.5	Kühlwasserregler	321
6.8.3	Schaltgeräte	322
6.8.3.1	Druckschalter	322
6.8.3.2	Temperaturschalter	323
6.8.3.3	Hygrostate	324
6.9	Pumpen	324
6.9.1	Allgemeines	324
6.9.2	Wasser- und Kälte-trägerpumpen	327
6.9.3	Kältemittelpumpen	328
6.10	Ventilatoren	334
6.10.1	Allgemeines	334
6.10.2	Axialventilatoren	338
6.10.3	Radialventilatoren	341
6.11	Rohrleitungen und Armaturen	342
6.11.1	Rohrleitungen	342
6.11.1.1	Rohrleitungen für Kältemittel	342
6.11.1.2	Rohrleitungen für Wasser	354
6.11.1.3	Rohrverlegung	354
6.11.2	Armaturen	359
6.11.2.1	Handabsperrventile	359
6.11.2.2	Handregelventile	362
6.11.2.3	Sicherheitsventile	362
6.11.2.4	Sicherheitsölablaßventile	365
6.11.2.5	Rückschlagventile	366
6.11.2.6	Kältemittel-trockner	366

6.11.2.7	Schaugläser	369
6.11.2.8	Flexible Rohrverbindungen	370
6.12	Anlagentechnik	371
6.12.1	Allgemeines	371
6.12.2	Hochdruckseite	371
6.12.2.1	Die Parallelschaltung von Kolbenverdichtern	372
6.12.2.2	Die Parallelschaltung von Schraubenverdichtern	375
6.12.2.3	Einbau und Regelung von Verflüssigern	376
6.12.2.4	Die Parallelschaltung von Verflüssigern	379
6.12.3	Niederdruckseite	381
6.12.3.1	Anlagen mit trockener Verdampfung	381
6.12.3.2	Anlagen mit überfluteter Verdampfung	382
6.12.3.3	Anlagen mit Kältemittelpumpen	384
6.12.3.4	Automatische Ölrückführung	386
6.12.3.5	Entölen von Ammoniakanlagen	388
6.12.4	Abtauverfahren	389
6.12.4.1	Abtauen mit Luft	389
6.12.4.2	Abtauen mit Wasser	390
6.12.4.3	Abtauen mit Sole	390
6.12.4.4	Abtauen durch elektrische Heizung	390
6.12.4.5	Abtauen mit Heißgas	391
6.13	Behandlung von Kälteanlagen	395
6.13.1	Druck- und Dichtheitsprüfung	395
6.13.2	Evakuieren und Trocknen	397
6.13.3	Füllen und Inbetriebnahme	400
6.13.4	Leistungsmessung	401
6.13.4.1	Allgemeines	401
6.13.4.2	Ermittlung der Gesamtkälteleistung aus dem Kältemittelmassenstrom	403
6.13.4.3	Ermittlung der Nutzkälteleistung bei der Kühlung von Flüssigkeit	403
6.13.4.4	Ermittlung der Nutzkälteleistung bei der Kühlung von Luft	405
6.13.4.5	Ermittlung der Nutzkälteleistung bei der Eiserzeugung	405
6.13.5	Betrieb und Wartung	406
6.13.6	Maßnahmen bei Unfällen	410
6.13.6.1	Allgemeines	410
6.13.6.2	FKW-Kältemittel	410
6.13.6.3	Ammoniak	410

7.	Eiserzeugung	
7.1	Allgemeines	415
7.2	Blockeis	417
7.2.1	Gefrieren im Solebad	417
7.2.1.1	Gefrierdauer	417
7.2.1.2	Kältebedarf für Eiserzeugung	419
7.2.1.3	Schmelzverfahren durch Lostauen der Blöcke	420
7.2.1.4	Leistungsbedarf für Blockeiserzeugung	420
7.2.2	Gefrieren mit direkter Verdampfung	420
7.3	Eis in zerkleinerter Form	426
7.3.1	Schnee- und Brei-Eis	426
7.3.2	Scherbeneis-(Schuppen)-Maschinen	431
7.3.3	Röhreneis-Maschinen	435
7.4	Eismühlen und Eispressen	438
7.5	Eislagerung	440
7.6	Trockeneis	445
7.6.1	Physikalisches	445
7.6.2	Herstellungsverfahren für Trockeneis	447
7.6.3	Anwendungsgebiete für Trockeneis	451
7.6.4	Versand und Lagerung von Trockeneis	454
7.6.5	Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Trockeneis	454
7.7	Speiseeis	455
7.7.1	Verordnung über Speiseeis vom 15. Juli 1933 einschl. Ergänzungen bis 16.05.1975	455
7.7.2	Herstellung von Speiseeis	458
7.7.2.1	Speiseeisbereiter für Kleinbetriebe	458
7.7.2.2	Speiseeisherstellung in Großbetrieben	461
7.8	Kunsteisbahn	463
7.8.1	Geschichtliches und Statistik	463
7.8.2	Ausführung, Abmessungen und Betriebszeiten von Kunsteisbahnen	465
7.8.3	Standortwahl und Bauausführung	467
7.8.3.1	Spezifische Daten	467
7.8.3.2	Aufbau der Piste	469
7.8.3.3	Kälteanlage	471
7.8.4	Betriebskosten	473

8.	Kühlung von Flüssigkeiten	
8.1	Produktverhalten	477
8.1.1	Allgemeine Unterteilung	477
8.1.2	Berechnung	477
8.2	Kühlart	479
8.2.1	Indirekte Kühlung	479
8.2.2	Direkte Kühlung	479
8.2.3	Anschlußfertige Kühlgeräte zur Flüssigkeitskühlung	480
8.2.4	Betriebssysteme	490
8.2.5	Schalhäufigkeit, Temperaturkonstanz	500
8.3	Zeit-Temperatur-Verhalten	504
8.3.1	Durchlaufkühler (Zweistromapparat)	505
8.3.2	Tankkühler (Einstromapparat)	505
8.4	Kälteträger	509
8.4.1	Wasser, Süßwasser, Eiswasser	509
8.4.2	Sole, Salzsole, Glykol	516
8.4.3	Sonstige Kälteträger	522
8.5	Beispiele reiner Flüssigkeitskühlung	523
8.5.1	Tankkühlung	523
8.5.2	Rieselkühlung	526
8.5.3	Durchlaufkühlung	528
8.6	Ausscheidungskühlung	532
8.7	Erstarrungskühlung	532
9.	Raumkühlung	
9.1	Lagerbedingungen	537
9.2	Kältebedarf	538
9.2.1	Allgemein	538
9.2.2	Erfahrungswerte bei Lebensmittelkühlung	542
9.3	Sondereinrichtungen	555
9.3.1	Luftführung und Anordnung der Kühlsysteme	555
9.3.2	Regulierung der relativen Luftfeuchte	556
9.3.3	Gaslagerung	561
9.3.4	Vacuumkühlung	563

10. Schnellgefrieren

10.1	Allgemeines	567
10.1.1	Theorie der Gefriervorgänge	567
10.1.2	Vorbedingungen für die Güte der Gefrierware	568
10.1.3	Vorteile des Schnellgefrierens	569
10.1.4	Definitionen, Richtlinien und Empfehlungen	570
10.2	Gefrierverfahren	574
10.2.1	Praktische Werte des Kältebedarfes bei verschiedenen Gefrierverfahren	576
10.2.2	Gefrieren im Kaltluftstrom	577
10.2.3	Kontaktgefrierverfahren	594
10.2.4	Tauch- und Sprühgefrierverfahren	608
10.3	Gefriertrocknung	618

11. Wärmerückgewinnung

11.1	Begriffsdefinitionen	623
11.2	Wärmerückgewinnung aus Kälteanlagen	624
11.2.1.1	Kälteanlagen mit Kolbenverdichter	624
11.2.1.2	Enthitzer	625
11.2.1.3	Verflüssiger	626
11.2.1.4	Wasserkreislauf	627
11.2.2	Kälteanlage mit Schraubenverdichter	630
11.2.2.1	Ölkühler	631
11.2.2.2	Enthitzer	634
11.2.2.3	Verflüssiger	634
11.2.2.4	Wasserkreislauf	634
11.2.3	Gegenüberstellung	635
11.2.4	E-Antriebe	636
11.2.5	Gas- und Dieselmotoren	637
11.3	Wärmeverwendung	637
11.3.1	Lufterwärmung (direkt)	637
11.3.2	Wasser-Erwärmung	639
11.4	Wärmepumpe	641
11.4.1	Allgemeines	641
11.4.2	Arbeitsweise	641
11.4.3	Bezeichnung der Wärmepumpe	642

11.4.4	Leistungszahlen	642
11.4.5	Wärmequellen	646
11.4.6	Aufgestockte Wärmepumpe	647
12.	Isolier- und Bautechnisches	
12.1	Isolierung	653
12.1.1	Forderung an den Werkstoff und Aufbau der Isolierung für Kälteanlagen	653
12.1.2	Wärmeleitfähigkeit	654
12.1.2.1	Einfluß von Feuchtigkeit auf den Wärmeleitkoeffizienten ..	655
12.1.3	Wärmeübergangskoeffizient	659
12.1.4	Wasserdampfdichte Sperrschichten	660
12.1.5	Berechnung des Wärmestromes, des Temperaturverlaufes und der Wasserdampfdiffusion	661
12.1.5.1	Wärmestromdichte in einer ebenen Wand	661
12.1.5.2	Temperaturverlauf in einer Wandisolierung	663
12.1.5.3	Dampfdruckverlauf in einer Wandisolierung	665
12.1.5.4	Wärmestrom eines Rohres/lfdm. Rohrlänge	668
12.1.6	Herstellung und Anwendung der verschiedenen Isolierstoffe für den Kälteschutz	669
12.1.6.1	Isolier-Füllmaterialien	669
12.1.6.2	Korkplatten	669
12.1.6.3	Wellit und Isoflex	669
12.1.6.4	Alfol	670
12.1.6.5	Schaumglas	670
12.1.6.6	Mineralfasererzeugnisse	671
12.1.6.7	Kunstschäume	672
12.1.6.8	Polyurethan-Hartschaum (PU-Schaum)	673
12.1.6.9	Armaflex	676
12.1.7	Sperrschichten und Hilfsstoffe für das Ansetzen der Isolierung für Kälteschutz	676
12.1.8	Druckfestigkeit von Isolierstoffen	677
12.1.9	Brandverhalten von Baustoffen	678
12.1.10	Ausführung von Isolierarbeiten	691
12.1.10.1	Raumisolierung	691
12.1.10.2	Rohrleitungs-, Apparate- und Armaturen-Isolierung	700
12.1.11	Kühlraumtüren	701
12.1.12	Kühlraum-Beleuchtung	704

12.2	Bautechnisches	706
12.2.1	Beton- und Mauerwerk	706
12.2.2	Maschinenfundamente	709
12.2.2.1	Elemente für den Schwingungs- und Erschütterungsschutz und die Körperschall-Isolierung	709
12.2.3	Baupreisentwicklung	719
13	Kühlhäuser	
13.1	Bauausführung	723
13.1.1	Allgemeine Forderungen	723
13.1.2	Bauformen	724
13.1.3	Bauausführung	726
13.1.4	Kosten	731
13.2	Transportgeräte	735
13.2.1	Paletten, Stapelbehälter und Stapelhilfsmittel	735
13.2.2	Stapelung im Raum	743
13.2.3	Gabelhubwagen und Schwermaststapler	753
13.2.4	Überladebrücken	764
14.	Kühltransportwesen	
14.1	Allgemeines	773
14.2	Vorschriften und Richtlinien	775
14.3	Berechnungen	777
14.3.1	Wärmedämmung	777
14.3.2	Berechnung der Kälteleistung	779
14.3.2.1	Wärmedurchgang durch die Begrenzungswände	780
14.3.2.2	Wärmeeinfall infolge Luftaustausch	781
14.3.2.3	Wärmezufuhr durch Wasserdampfdiffusion	781
14.3.2.4	Erhöhung des Wärmeüberganges auf der Außenhaut	782
14.3.2.5	Sonneneinstrahlung	782
14.3.2.6	Wärmespeicherung in den Begrenzungswänden und in der Innenausstattung	783
14.3.2.7	Wärmeeinfall durch das Türöffnen	783
14.3.2.8	Atmungswärme der Ware	785
14.3.2.9	Betriebsbedingungen	785
14.3.2.10	Praktische Erfahrungswerte	786

14.3.2.11	Speicherwärme	786
14.3.2.12	Verbrauch von Kühlmitteln	787
14.4	Prüfungen	789
14.4.1	Prüfstellen	789
14.4.2	Prüfergebnisse	789
14.5	Beförderungsmittel	790
14.5.1	Schienenfahrzeuge	791
14.5.2	Straßenfahrzeuge	792
14.5.2.1	Wechselaufbauten	793
14.5.3	Container	793
14.5.4	Kühleinrichtungen	794
14.5.4.1	Kälteanlagen	794
14.5.4.2	Eutektische Kältespeicher	798
14.5.4.3	Trockeneis	800
14.5.4.4	Flüssiggas-Anlagen	801
14.5.5	Konstruktion	802
14.6	Belüftung des Aufbaues	804
14.6.1	Ausbildung der Innenverkleidung des Aufbaues	804
14.6.2	Gestaltung der Luftführungseinrichtung	805
14.6.3	Leistungsfähigkeit der Ventilationseinrichtung	807
14.6.4	Ladesystematik	809
14.7	Temperaturmessung während des Transportes	810
14.8	Verderbschäden bei der Beförderung	812
	Sachverzeichnis	815
	Inserentenverzeichnis	829
	Bezugsquellen	833