

Inhalt

1	Nomenklatur und Glossar	8
2	Zusammenfassung	11
3	Einführung: Voraussetzungen und Randbedingungen zur Abwärmenutzung aus Kälteanlagen.....	15
4	Potentialanalyse für Abwärmenutzung aus Kälteanlagen (AP 1)	17
4.1	Methode und Datenbasis und Grenzen der Studie	17
4.2	Übersicht aller Branchen.....	18
4.2.1	Energiebilanzierung.....	18
4.2.1.1	Industrie.....	18
4.2.1.2	Gewerbe, Handel, Dienstleistung	21
4.2.2	Lastprofile	23
4.2.2.1	Typische Profile der Kältelast	23
4.2.2.2	Kälte- und Wärmelast: Reale Profile von Beispielgebäuden	25
4.2.3	Gebäudetypologie im GHD-Sektor	27
4.2.4	Warmwasserbedarf	28
4.3	Betrachtung einzelner Branchen.....	29
4.3.1	Industrie.....	29
4.3.1.1	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	29
4.3.1.2	Ernährung und Tabak.....	29
4.3.1.3	Papiergewerbe	31
4.3.1.4	Grundstoffchemie	32
4.3.1.5	Sonstige chemische Industrie	32
4.3.1.6	Gummi- u. Kunststoffwaren.....	33
4.3.1.7	Glas, Keramik und Verarbeitung von Steinen und Erden	34
4.3.1.8	Metallerzeugung / NE-Metalle, -Gießerei	35
4.3.1.9	Metallbearbeitung.....	36
4.3.1.10	Maschinenbau	37
4.3.1.11	Fahrzeugbau	38
4.3.1.12	Sonstige Wirtschaftszweige.....	38
4.3.2	Gewerbe.....	39
4.3.2.1	Baugewerbe.....	39
4.3.2.2	Büroähnliche Betriebe	39
4.3.2.3	Herstellungsbetriebe	40
4.3.2.4	Handel	40
4.3.2.5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder.....	41
4.3.2.6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	43
4.3.2.7	Nahrungsmittelgewerbe.....	43
4.3.2.8	Wäschereien	45
4.3.2.9	Landwirtschaft	45
4.3.2.10	Gartenbau	46
4.3.2.11	Flughäfen.....	46
4.3.2.12	Bekleidung, Leder, Spedition	47
4.3.2.13	Übrige Bereiche.....	47
5	Klassifizierung und Potentiale technischer Lösungsansätze (AP 2).....	48
5.1	Konzepte zur Abwärmenutzung aus Kältemaschinen: Einleitung.....	48
5.2	Elektrische Kaldampf-Kompressionskältemaschinen (eKM): Konzepte zur Abwärmenutzung	51
5.2.1	eKM: Systembeschreibung	51
5.2.2	Charakteristika, die für Abwärmenutzung von Bedeutung sind	51
5.2.3	Grundkonzepte für Nutzung zum Heizen	55

5.2.4	Grundkonzepte für weitere Nutzungen	59
5.3	Verbrennungsmotorisch angetriebene Kaltdampf- Kompressionskältemaschinen (vKM): Konzepte zur Abwärmenutzung	60
5.4	Absorbtionskältemaschine (AbKM): Konzepte zur Abwärmenutzung	61
5.5	Adsorbtionskältemaschine (AdKM): Konzepte zur Abwärmenutzung	63
5.6	Nutzungsmöglichkeiten Heizen / Systemeinbindung	64
5.6.1	Wärmeauskopplung und Nutzung zum Heizen	64
5.6.1.1	Übersicht	64
5.6.1.2	Warmwasser	64
5.6.1.3	Raumheizung	65
5.6.1.4	Prozesswärme	67
5.6.2	Systemeinbindung: Speicher	68
5.6.3	Systemeinbindung: Kombination aus Abwärmenutzung und anderen Wärmeerzeugern / Wärmequellen	69
5.6.4	Systemeinbindung: Dezentrale Lösungen, Einbindung in ein Nahwärmenetz oder Nahkältenetz	71
5.7	Sorptive Luftentfeuchtung	73
5.7.1	Sorptionsgestützte Klimatisierung: Systembeschreibung	73
5.7.2	Grundkonzepte der Abwärmenutzung einer Kompressionskältemaschine zur Regeneration des Sorptionsprozesses	75
5.8	Anlagenbeispiele	77
5.8.1	Übersicht	77
5.8.2	Supermarkt: AWN zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung	78
5.8.3	Supermarkt: Transkritische CO ₂ – Kältemaschine mit Abwärmenutzung zur Trinkwassererwärmung und Luftheizung	79
5.8.4	Supermarkt: AWN zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung mit Erdreieheinbindung	80
5.8.5	Milchverarbeitungsbetrieb: AWN als Prozesswärme für die Pasteurisierung	81
5.8.6	Tiefkühlager: Abwärmenutzung zur Raumheizung	82
5.8.7	Sportpark: AWN zur Raumheizung	82
5.8.8	Gewerbeanlage u.a.: AWN über kaltes Nahwärmenetz zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden einer Neubausiedlung	84
5.8.9	Großindustriekälteanlage: AWN aus Kompressor-Ölkühlkreis zur Brauchwassererwärmung	85
5.8.10	Kunststoffspritzgießmaschinen: AWN zur Gebäudeheizung	86
5.8.11	Gewerbe: Enthitzungswärme zur Raumkühlung	87
5.8.12	Brauerei: Kompressorabwärmenutzung zur LuVo	87
5.8.13	Supermarkt: Effizienzsteigerung von CO ₂ -Kältemaschine mittels AbKM- gestützter interner WRG	88
6	Umfassende Bewertungsmethodik für das Gesamtsystem (AP 3)	89
6.1	Schematische Darstellung der Systemkonzepte	89
6.2	Bilanzgrenzen für die energetische Bewertung	90
6.3	Kennzahlen zur energetischen Bewertung	93
6.3.1	Leistungszahlen	94
6.3.2	Arbeitszahlen	97
6.3.3	Primärenergetische Betrachtung	98
6.3.4	Abwärmeausnutzungsgrad	99
6.3.5	Spezifische Abwärmenutzung	100
6.4	Kennziffer zur Bewertung der Treibhausgasbelastung	100
6.5	Verbrauchsgebundene Kosten	103
6.6	Vorgehensweise zur vergleichenden energetischen und ökonomischen Bewertung von Systemkonzepten	103
7	Ganzheitliche technische und energiewirtschaftliche Bewertung der Systemkonzepte und Systemvergleich (AP 4)	106

7.1	Einleitung.....	106
7.2	Elektrische Kaltdampf-Kompressionskältemaschinen: Systemvergleich 1a.....	106
7.2.1	Systembeschreibung und Fragestellung.....	106
7.2.2	Methode und Randbedingungen	107
7.2.3	Ergebnisse.....	108
7.3	Elektrische Kaltdampf-Kompressionskältemaschinen: Systemvergleich 1b	114
7.3.1	Systembeschreibung und Fragestellung.....	114
7.3.2	Methode und Randbedingungen	115
7.3.3	Ergebnisse: energetische Bewertung	116
7.3.4	Ergebnisse: ökonomische Bewertung	120
7.4	Elektrische Kaltdampf-Kompressionskältemaschinen: Systemvergleich 1c.....	124
7.4.1	Systembeschreibung und Fragestellung.....	124
7.4.2	Methode und Randbedingungen	124
7.4.3	Ergebnisse.....	124
7.5	Elektrische Kaltdampf-Kompressionskältemaschinen: Berechnung von energetischen und ökonomischen Kennzahlen zur Abwärmenutzung.....	128
7.5.1	Systembeschreibung und Fragestellung.....	128
7.5.2	Methode.....	129
7.6	Sorptive Luftentfeuchtung: Systemvergleich	131
8	Exemplarische Darstellung und Bewertung einer Industrie-Kälteanlage mit Wärmerückgewinnung zur Brauchwassererwärmung (AP5).....	132
8.1	Einleitung.....	132
8.2	Vorstellung der Anlage.....	132
8.2.1	Anlagenbeschreibung	132
8.3	Berechnungsansatz	133
8.4	Betriebsbedingungen	134
8.4.1	Lastprofil.....	134
8.4.2	Betriebsbedingungen	135
8.5	Performance der Anlage: die vier Lastfälle	136
8.5.1	Umfang der Abwärmenutzung	136
8.5.2	Endenergetische und primärenergetische Bewertung	137
8.6	Performance der Anlage: Jahresauswertung.....	138
8.6.1	Umfang der Abwärmenutzung	138
8.6.2	Endenergetische und primärenergetische Bewertung	138
8.6.3	Schlussfolgerungen	140
9	Exemplarische Darstellung und Bewertung einer Supermarkt-Kälteanlage in Verbund mit Gebäudebeheizung (AP 6).....	141
9.1	Einleitung.....	141
9.2	Vorstellung der Demonstrationsanlage.....	141
9.2.1	Anlagenbeschreibung	141
9.2.2	Heiz- und Kühlbedarf, Betriebsbedingungen	143
9.2.3	Auswertung	146
9.3	Untersuchung Anlagenvarianten	152
9.3.1	Anlagenbeschreibung	152
9.3.2	Auswertung	153
1 0	Quellen- und Literaturverzeichnis	159
1 1	Anhang	162