

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	9
<b>1 Einleitung / Motivation</b> .....	11
1.1 Wozu braucht man Energiespeicher? .....	11
1.1.1 Angebot und Nachfrage .....	11
1.1.2 Zeitliche Abweichung von Bereitstellung und Bedarf .....	12
1.2 Wie kann Energie gespeichert werden? .....	13
1.2.1 Elektrische/elektro-chemische Energiespeicher .....	14
1.2.2 Mechanische Speicher .....	14
1.2.3 Chemische Energiespeicher .....	15
1.2.4 Thermischer Energiespeicher .....	15
1.2.5 Möglichkeiten durch Umwandlung der Energien .....	16
1.2.6 Vergleich der Energiespeichertechnologien .....	16
<b>2 Charakteristische Größen eines thermischen Energiespeichers</b> .....	19
2.1 Prolog: Was ist thermische Energie? (Physik der Wärme) .....	19
2.2 Sensibel – Latent – Thermochemisch .....	22
2.3 Speicherkapazität .....	24
2.4 Lade- und Entladeleistung .....	24
2.5 Nutzungsgrad .....	25
2.6 Speicherzyklen .....	25
<b>3 Aufbau eines Speichers und Integration in ein Energiesystem</b> .....	27
3.1 Vom Speichermaterial zum Speichersystem .....	27
3.1.1 Material .....	27
3.1.2 Komponente .....	28
3.1.3 System .....	28
3.1.4 Zusammenspiel der Ebenen .....	29
3.2 Kosten und wirtschaftliche Betrachtung .....	29
<b>4 Speicherklassifikation</b> .....	33
4.1 Was soll der Speicher in der Anwendung leisten? .....	33
4.1.1 Klassifikation nach Einsatzbereich .....	33
4.1.2 Klassifikation nach Temperaturniveau .....	34
4.1.3 Klassifikation nach Speicherkapazität, thermischer Leistung und Speicherdauer .....	35
4.2 Das physikalische Speicherprinzip .....	35
4.2.1 Spezifische Wärmekapazität .....	36
4.2.2 Schmelzwärme .....	36

4.2.3	Reaktionsenthalpie . . . . .	38
4.3	Autarke – nicht-autarke thermische Speicher . . . . .	40
4.3.1	Thermodynamische Betrachtung nicht-autarker Speicherprozesse . . . . .	42
4.4	Empirische Regeln zur Abschätzung der Speicherkapazität . . . . .	44
4.4.1	Sensible Wärmespeicherung . . . . .	44
4.4.2	Latente Wärmespeicherung . . . . .	47
4.5	Typische Speichermaterialien . . . . .	48
4.5.1	Sensible Speichermaterialien . . . . .	48
4.5.2	Latentwärmespeichermaterialien . . . . .	50
4.5.3	Thermochemische Speichermaterialien . . . . .	56
4.6	Speicherdesign: Technische Bauformen . . . . .	58
4.7	Dämmmaterialien . . . . .	65
4.7.1	Allgemeines . . . . .	65
4.7.2	Konventionelle Speicherdämmung . . . . .	67
4.7.3	Vakuumdämmung und Vakuumsuperisolation (VSI) . . . . .	69
<b>5</b>	<b>Thermische Energiespeicher in der Anwendung . . . . .</b>	<b>71</b>
5.1	Sensible Speichersysteme . . . . .	71
5.1.1	Saisonale Speicherung solarer Wärme . . . . .	71
5.1.2	Superisolierter Speicher . . . . .	80
5.2	Latentwärmespeichersysteme . . . . .	85
5.2.1	Passive Kühlung mit PCM . . . . .	85
5.2.2	Latentwärmespeicher zur Rückkühlung einer Absorptionskältemaschine . . . . .	90
5.2.3	PCM-Slurries . . . . .	96
5.3	Thermochemische Speichersysteme . . . . .	102
5.3.1	Mobiler Adsorptionsspeicher zur Nutzung industrieller Abwärme . . . . .	102
5.3.2	Kälte speichern und Klimatisieren mit Salzlösungen . . . . .	110
5.3.3	Adsorptionsspeicher in einem Geschirrspüler . . . . .	119
<b>6</b>	<b>Stand der Forschung und Entwicklung . . . . .</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>Nachwort . . . . .</b>	<b>133</b>
7.1	Mit thermischen Energiespeichern ist es wie mit Handschuhen ... . . . .	133
7.2	Thermische Energiespeicher können die Welt retten . . . . .	134
<b>8</b>	<b>Zitierte Literatur und Abbildungsverzeichnis . . . . .</b>	<b>137</b>
8.1	Zitierte Literatur . . . . .	137
8.2	Abbildungsverzeichnis . . . . .	141

---

<b>9</b>	<b>Forschungsvorhaben der Bundesregierung</b> .....	<b>143</b>
9.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben .....	143
9.2	Forschungsberichte .....	145
<b>10</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	<b>147</b>
10.1	BINE Informationsdienst .....	149
<b>11</b>	<b>Autoren</b> .....	<b>151</b>