

<b>1 Einleitung.</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Das Element Wasserstoff</b> .....	<b>3</b>
2.1 Wasserstoffgewinnung .....	3
2.2 Wasserstoffspeicherung .....	3
2.3 Transport von Wasserstoff .....	4
2.4 Wasserstoff als Sekundärenergieträger .....	5
2.5 Sicherheitstechnische Aspekte .....	5
2.6 Wasserstoff als Kraftstoff .....	6
<b>3 Metallhydride</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Modelle zur Berechnung der Sorptionsisothermen aus der Literatur</b> .....	<b>10</b>
4.1 Modelle aus der chemischen Kinetik .....	10
4.1.1 Langmuir, Henry und Sievert .....	10
4.1.2 Brunauer, Emmet und Teller .....	11
4.1.3 Ostwald, Freundlich, Zeldowitsch .....	12
4.1.4 Temkin .....	13
4.1.5 Zusammenfassung .....	13
4.2 Modelle aus der Gleichgewichtsthermodynamik .....	14
<b>5 Kinetische Ansätze und Modelle zur Metallhydridbildung aus der Literatur</b> .....	<b>16</b>
<b>6 Zur Kinetik der Wasserstoffspeicherung</b> .....	<b>19</b>
6.1 Modellvorstellung zur Wasserstoffaufnahme .....	19
6.2 Zusammenstellung der Vorgänge zwischen Metall und Wasserstoff .....	20
6.3 Geschwindigkeitsansatz .....	21
<b>7 Versuchsdurchführung und Auswertung</b> .....	<b>24</b>
7.1 Definition des Beladungsgrades .....	24
7.2 Versuchsdurchführung .....	24
7.3 Versuchsauswertung .....	25
<b>8 Versuchsanlage und Meßtechnik</b> .....	<b>27</b>
8.1 Versuchsanlage .....	27
8.2 Reaktoren .....	28
8.2.1 Reaktoren der Baureihe HRI .....	28
8.2.2 Reaktoren der Baureihe Rosa .....	28
8.2.3 Reaktoren der Baureihe HRTN .....	29
8.2.4 Reaktor der Baureihe HRIV .....	31
8.3 Gasgleichung für den Wasserstoff .....	31

<b>9 Beladungsisothermen bei Drücken bis 2 bar</b> .....	<b>33</b>
9.1 Beladungsisothermen bei Temperaturen von 248 K bis 313 K .....	33
9.1.1 Messungen der Beladungsisothermen bei Temperaturen von 248 K bis 313 K .....	33
9.1.2 Beschreibung der Beladungsisothermen mit dem Gesetze von Henry und Sievert .....	34
9.1.3 Erweiterung des Modells .....	36
9.1.4 Vergleich der beiden Modelle .....	39
9.2 Beladungsisothermen bei Temperaturen von 100 K bis 248 K .....	41
9.2.1 Messungen der Beladungsisothermen bei Temperaturen von 100 K bis 248 K .....	41
9.2.2 Berechnung der Stoßzahlen und des Exponenten .....	42
<b>10 Beladungsisothermen bei Drücken bis 30 bar</b> .....	<b>48</b>
10.1 Für Temperaturen von 143 K bis 233 K .....	48
10.2 Für Temperaturen von 373 K bis 573 K .....	62
<b>11 Kinetische Untersuchungen</b> .....	<b>56</b>
11.1 Meßsystem .....	56
11.2 Versuchsergebnisse .....	58
11.3 Ermittlung der kinetische Daten .....	60
11.4 Vergleich von berechneten und gemessenen Beladungsgeschwindigkeiten .....	61
11.5 Gekoppelte integrale Energie- und Stoffbilanz zur Wasserstoffspeicherung als Metallhydrid .....	63
11.5.1 Energiebilanz .....	65
11.5.2 Stoffbilanz .....	66
11.5.3 Zusammenstellung von Energie- und Stoffbilanz .....	66
11.5.4 Darstellung der Lösung der gekoppelten Energie- und Stoffbilanz .....	67
<b>12 Messungen zur Beladungsenthalpie und spezifischen   Wärmekapazität</b> .....	<b>70</b>
12.1 Versuchsaufbau .....	70
12.2 Energiebilanz am Kalorimeter .....	72
12.2.1 Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters .....	74
12.3 Messergebnisse .....	76
12.3.1 Beladungsenthalpie für $\chi < 0,2\%$ .....	76
12.3.2 Beladungsenthalpie für $\chi > 0,2\%$ .....	80
12.3.3 Wärmekapazität der Legierung .....	82
<b>13 Zur Be-/Entladungshysterese der   Metall-Wasserstoffreaktion</b> .....	<b>84</b>
13.1 Hysterese bei der Legierung DB5800 .....	84

## VII

13.2 Analogien zur Be-/Entladungshysterese der Metall-Wasserstoffreaktion .....	86
<b>14 Analyse der Legierungszusammensetzung und Einfluß von Anlage, Einwaage und Lieferung auf die Beladungsisothermen .....</b>	<b>87</b>
14.1 Analyse der Legierungszusammensetzung .....	80
14.2 Reproduzierbarkeit .....	88
14.3 Darstellung der an verschiedenen Anlagen gemessenen Beladungs- isothermen .....	91
14.4 Vergleich der mit verschiedenen Einwaagen gemessenen Beladungsisothermen .....	92
14.5 Vergleich der Beladungsisothermen mit Meßergebnissen aus der Literatur .....	95
14.6 Vergleich der Beladungsisothermen aus verschiedenen Lieferungen .....	96
14.7 Vergleich der Reaktoren HRI und HRrosaV .....	97
14.8 Zusammenfassung .....	98
<b>15 Zusammenfassung .....</b>	<b>99</b>
<b>16 Anhang .....</b>	<b>101</b>
Anhang1 Meßtechnik und Stoffdaten .....	101
Anhang2 Abschätzung der Größenordnung der vernachlässigten Energieströme .....	110
Anhang 3 Messungen mit weiteren Metallen und Legierungen .....	114
<b>17 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes .....</b>	<b>127</b>
<b>18 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>135</b>