

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	9
1.1 Nutzung von Erdgas	9
1.2 Lagerbehälter für verflüssigtes Erdgas	10
1.3 Beanspruchungszustände von LNG-Lagerbehältern ...	12
1.4 Gasdichtigkeit der Tanks unter Berücksichtigung der Ribbildung	15
2. ZIELSETZUNG UND ÜBERSICHT ÜBER DIE ARBEIT	16
3. TIEFTEMPERATUREIGENSCHAFTEN VON BETONSTAHL UND BETON	18
3.1 Vorbemerkungen	18
3.2 Spann- und Bewehrungsstahl bei tiefen Tempera- turen	19
3.2.1 Werkstoffphysikalische Erklärung der Ver- festigung	19
3.2.2 Kriterien zur Auswahl tieftemperaturgeeig- neter Betonstähle	20
3.2.3 Veränderung der Materialkennwerte durch tiefe Temperaturen	22
3.3 Spannverfahren für tiefe Temperaturen	27
3.4 Beton bei tiefen Temperaturen	28
3.4.1 Allgemeines	28
3.4.2 Gefriervorgänge beim Abkühlen von Beton ..	29
3.4.3 Kriterien zur Betonauswahl	32
3.4.4 Materialkennwerte von Beton bei tiefen Temperaturen	33
3.5 Zusammenfassung	42
4. GRUNDLAGEN ZUM VERBUND ZWISCHEN BETON UND BEWEHRUNGS- STAHL	43
4.1 Mechanismus des Verbundes	43
4.2 Experimentelle Möglichkeiten zur Bestimmung des Verbundwiderstandes	46
4.3 Kenntnisstand zum Verbundverhalten	49
4.3.1 Verbundverhalten bei normalen Temperaturen (RT)	49

4.3.2	Verbundverhalten bei tiefen Temperaturen (TT)	51
5.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS TIEFER TEMPERATUREN AUF DAS VERBUNDVERHALTEN	54
5.1	Vorbemerkungen	54
5.2	Versuchskörper der TT-Ausziehversuche	55
5.3	Versuchsdurchführung	60
5.4	Ergebnisse der TT-Ausziehversuche	62
5.4.1	Allgemeines	62
5.4.2	Einfluß der Verbundlänge	63
5.4.3	Prinzipielle Darstellung des Einflusses tiefer Temperaturen	66
5.4.4	Einfluß der Betonfeuchte	70
5.4.5	Einfluß der Betongüte	73
5.4.6	Einfluß der Stahlprofilierung	77
5.4.7	Einfluß des Durchmessers gerippter Stäbe .	78
5.4.8	Einfluß der Betondeckung und der Lage des Bewehrungsstabes im Prüfkörper	79
5.4.9	Einfluß einer Querbewehrung	84
5.4.10	Einfluß zyklischer Tieftemperaturbean- spruchung	86
5.4.11	Einfluß einer Vorlast	88
5.4.12	Zusammenfassung der wesentlichen Versuchs- ergebnisse	89
6.	MODELL ZUR BESCHREIBUNG DES VERBUNDVERHALTENS BEI TIEFEN TEMPERATUREN	92
6.1	Überblick	92
6.2	Verbundgesetz für tiefe Temperaturen	93
6.2.1	Rechenansatz der τ_v -v-Beziehung	95
6.2.2	Anpassung des Rechenansatzes an die Ver- suchsergebnisse	93
6.3	Längsrißbildung bei tiefen Temperaturen	103
6.3.1	Allgemeines	103
6.3.2	Modell zur Vorhersage von Längsrissen bei tiefen Temperaturen	107
6.3.3	Begrenzung des Längsrißkriteriums in Ab- hängigkeit von der Betondeckung	112

6.3.4	Überprüfung des Längsrißkriteriums durch Versuche	114
6.4	Verbundversagen durch Sprengbruch	118
6.5	Verschiebungssprünge bei extrem tiefen Tempera- turen	124
6.5.1	Vorbemerkungen	124
6.5.2	Versuchsergebnisse zum Auftreten von Ver- schiebungssprüngen	124
6.5.3	Deutung des Verformungsmechanismus	129
6.5.4	Begrenzung des Verbundwiderstandes gegen- über Verschiebungssprüngen.....	130
6.6	Zusammenfassung und Gültigkeitsbereich des TT- Verbundgesetzes	131
7.	ANWENDUNG DES TT-VERBUNDGESETZES AUF FRAGESTELLUNGEN DES STAHLBETONBAUS	136
7.1	Überblick über die hier bearbeiteten Fragestel- lungen	136
7.2	Innerer thermischer Zwang	137
7.2.1	Problemstellung	137
7.2.2	Modell zur Beschreibung des inneren ther- mischen Zwangs	138
7.2.2.1	Voraussetzungen	138
7.2.2.2	Thermischer Zwang bei starrem Verbund ...	139
7.2.2.3	Thermischer Zwang bei verschieblichem Ver- bund	140
7.2.2.4	Thermischer Zwang in Stahlbetonbauteilen bei Berücksichtigung äußerer Lasten	144
7.2.3	Bestimmung der Zwangbeanspruchung	145
7.2.3.1	Versuchsergebnisse	145
7.2.3.2	Vergleich zwischen Versuch und Berech- nung	148
7.2.3.3	Eigen Spannungszustand in Abhängigkeit vom W/Z-Faktor	150
7.2.4	Zusammenfassung	152
7.3	Zentrisch gezogene Stahlbetonstäbe bei tiefen Temperaturen	153
7.3.1	Allgemeines zu den eigenen Dehnversuchen .	153
7.3.2	Zentrische Betonzugfestigkeit	157

7.3.3	Mitwirkung des Betons	159
7.3.3.1	Normalkraft-Dehnungsverlauf	159
7.3.3.2	Änderung der Dehnsteifigkeit durch Riß- bildung	164
7.3.4	Einfluß tiefer Temperaturen auf die Riß- bildung	167
7.3.4.1	Rißbilder nach abgeschlossener Rißbil- dung	167
7.3.4.2	Entwicklung des Rißbildes	169
7.3.4.3	Rißabstände	172
7.3.4.4	Rißabstände bei abgeschlossener Rißbil- dung-Berechnungsergebnisse	176
7.3.4.5	Rißbreiten	179
7.3.5	Beschreibung der Stahlspannungen entlang der Stahlachse bei niedriger Bean- spruchung	184
7.3.6	Kriterium zur Einrißbildung	186
7.3.6.1	Vorbemerkungen	186
7.3.6.2	Rißbildung unter Berücksichtigung des dreidimensionalen Spannungszustands im Bereich der Einleitungslänge	187
7.3.6.3	Mitwirkung des Betons im Einrißquer- schnitt	194
7.3.7	Zusammenfassung	202
8.	FOLGERUNGEN UND BAUPRAKTISCHE EMPFEHLUNGEN	205
9.	ZUSAMMENFASSUNG	207
10.	LITERATURVERZEICHNIS	211