

IB 131-2015/59

**Bericht der Prüfungen mit den
Eindringkörpern Kugel und Rollen sowie der
Brandrate für Luftfrachtcontainerböden**

Ivonne Bartsch



**Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Braunschweig**

November/2015

IB 131-2015/59

**Bericht der Prüfungen mit den Eindringkörpern Kugel und
Rollen sowie der Brandrate für Luftfrachtcontainerböden**

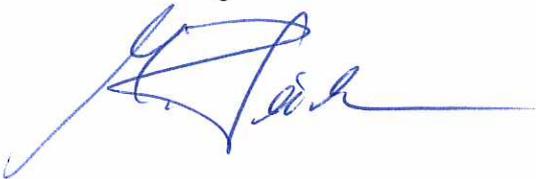
Braunschweig, Monat, Jahr

Der Bericht umfasst:

263 Seiten

Institutsleiter:
Prof. Dr.-Ing. M. Wiedemann

Verfasser:
Dipl.-Ing. Ivonne Bartsch



1. Bestsch

Leiter der Abteilung:
Name des Abteilungsleiters

Prof. Dr.-Ing. C. Hühne



Inhaltsverzeichnis

Bericht der Prüfungen mit den Eindringkörpern Kugel und Rollen sowie der Brandrate für Luftfrachtcontainerböden.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Inhaltsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	IX
Bezeichnungen	XX
1. Einleitung.....	22
2. Anforderungen gemäß IATA ULD Regulations.....	23
2.1. Prüfung mit de Eindringkörpern Kugel und Rolle	23
2.2. Prüfung der Brandrate.....	26
3. Proben.....	28
3.1. Nummerierung	28
3.2. Materialien	29
3.3. Referenz Probenserie NGT 0.....	31
3.3.1. Auswertung Probe NGT 0	39
3.4. Probenserie NGT 1-5 (Metawell®).....	42
3.5. Probe NGT 1	44
3.5.1. Auswertung Probe NGT 1	45
3.6. Probe NGT 2.....	46
3.6.1. Auswertung Probe NGT 2	47
3.7. Probe NGT 3.....	49
3.7.1. Auswertung Probe NGT 3	51
3.8. Probe NGT 4.....	54
3.8.1. Auswertung Probe NGT 4	56
3.9. Probe NGT 5.....	59
3.9.1. Auswertung Probe NGT 5	61
3.10. Auswertung Metawell® NGT 1-5.....	63
3.11. Proben NGT 6 bis NGT 16.....	65
3.12. Proben NGT 17-22 (FVK-Deckschicht mit Kern aus Aramid-wabe).....	66
3.13. Probenserie NGT 17	67
3.13.1. Auswertung Probenserie NGT 17.....	70
3.14. Probenserie NGT 18	74
3.14.1. Auswertung Probenserie NGT 18.....	77
3.15. Probe NGT 19.....	80
3.15.1. Auswertung Probenserie NGT 19.....	82
3.16. Probe NGT 20.....	84
3.16.1. Auswertung Probenserie NGT 20.....	87
3.17. Probe NGT 21	89
3.17.1. Auswertung der Probenserie NGT 21.....	91
3.18. Probe NGT 22.....	93
3.18.1. Auswertung der Probe NGT 22	95
Auswertung Proben mit Aramidkern NGT 17- NGT 22	97
3.19. Proben NGT 23- NGT 29 (FVK, Balsa).....	98
3.20. Probenserie NGT 23	98
3.20.1. Auswertung Probenserie NGT 23.....	101
3.21. Probenserie NGT 24	104

3.21.1. Auswertung der Probenserie NGT 24.....	106
3.22. Probe NGT 25.....	109
3.22.1. Auswertung der Probe NGT 25	111
3.23. Probe NGT 26.....	112
3.23.1. Auswertung der Probenserie NGT 26.....	114
3.24. Probenserie NGT 27	115
3.24.1. Auswertung der Probenserie NGT 27.....	117
3.25. Probe NGT 28.....	119
3.25.1. Auswertung der Probenserie NGT 28.....	121
3.25.2. Auswertung Proben mit Balsaholz.....	122
3.26. Probenserie NGT 29	123
3.26.1. Auswertung Probe NGT 29	125
3.27. Probe NGT 30.....	126
3.27.1. Auswertung der Probe NGT 30	128
3.28. Probe NGT 31	131
3.28.1. Auswertung der Probe NGT 31	133
3.29. Probe NGT 32.....	135
3.29.1. Auswertung der Probe NGT 32	137
3.30. Probenserie NGT 33	139
3.30.1. Auswertung der Probenserie NGT 33.....	141
3.31. Probe NGT 34.....	144
3.31.1. Auswertung der Probenserie NGT 34.....	146
3.32. Probe NGT 35.....	148
3.32.1. Auswertung der Probe NGT 35	151
Nr.....	152
3.33. Probe NGT 36.....	153
3.33.1. Auswertung der Probe NGT 36	156
3.34. Probe NGT 37.....	158
3.34.1. Auswertung der Probenserie NGT 37.....	163
3.35. Probe NGT 38.....	165
3.35.1. Auswertung der Probe NGT 38	167
3.36. Probe NGT 39.....	169
3.36.1. Auswertung der Probe NGT 39	172
3.37. Probe NGT 40.....	173
3.37.1. Auswertung der Probenserie 40	175
3.38. Auswertung Monolithische Platten	176
3.39. Probe NGT 41.....	178
3.39.1. Auswertung der Probe NGT 41	180
3.40. Probe NGT 42.....	181
3.40.1. Auswertung der Probenserie NGT 42.....	186
3.40.2. Auswertung Proben mit Elastomer (NGT 33; NGT 35 - NGT 42)	189
4. Prüfung der Brandrate	190
5. Zusammenfassung	192
5.1. Ausblick.....	192
6. Anhang	193
7. Literaturverzeichnis	262

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Farben mit dazugehörigen Materialien Skizze	28
Tabelle 2: Materialeigenschaften Aluminium	31
Tabelle 3: Probenserie 0.....	32
Tabelle 4: Probenserie NGT 0 vor der Prüfung	33
Tabelle 5: Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 0	34
Tabelle 6: Probenserie NGT 0 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	35
Tabelle 7: Probenserie 0 nach der Prüfung	39
Tabelle 8: Ergebnisse ATOS-Messungen Probenserie NGT 0.....	39
Tabelle 9: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 0	40
Tabelle 10: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 0	41
Tabelle 11: Probe 1	44
Tabelle 12: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 1 .	45
Tabelle 13: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 1 ..	45
Tabelle 14: Probe NGT 2.....	46
Tabelle 15: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 2	47
Tabelle 16: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 2	48
Tabelle 17: Daten der Probe NGT 3.....	49
Tabelle 18: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 3	53
Tabelle 19: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 3	53
Tabelle 20: Probe NGT 4.....	54
Tabelle 21: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 4	57
Tabelle 22: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 4	58
Tabelle 23: Probe NGT 5.....	59
Tabelle 24: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 5	62
Tabelle 25: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 5	62
Tabelle 26: Ergebnisse Prüfung mit Eindringkörper Kugel Metawell [®] gesamt.....	63
Tabelle 27: Ergebnisse Prüfung mit Eindringkörper Rolle Metawell [®] gesamt.....	63
Tabelle 28: Probenserie NGT 17	67
Tabelle 29: Probenserie 17 im Querschnitt.....	68
Tabelle 30: Probenserie NGT 17 nach der Prüfung.....	70
Tabelle 31: ATOS-Messungen der Probenserie 17	72
Tabelle 32: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 17	73
Tabelle 33: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie 17	73
Tabelle 34: Probenserie NGT 18.....	74
Tabelle 35: Probenserie NGT 18 im Querschnitt	74
Tabelle 36: Probenserie NGT 18 nach der Prüfung.....	77
Tabelle 37: ATOS-Messungen der Probenserie 18	78
Tabelle 38: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 18....	78
Tabelle 39: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie 18....	79
Tabelle 40: Probenserie NGT 19	80
Tabelle 41: Probenserie NGT 19 im Querschnitt	80
Tabelle 42: Probenserie NGT 19 nach der Prüfung.....	81
Tabelle 43: ATOS-Messungen Probenserie NGT 19.....	83
Tabelle 44: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 19	83

Tabelle 45: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 19	83
Tabelle 46: Probenserie NGT 20	84
Tabelle 47: Probenserie NGT 20 im Querschnitt	84
Tabelle 48: Probenserie NGT 20 nach der Prüfung	85
Tabelle 49: ATOS-Messungen Probenserie NGT 20	87
Tabelle 50: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 20	88
Tabelle 51: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 20	88
Tabelle 52: Probenserie NGT 21	89
Tabelle 53: Probenserie NGT 21 im Querschnitt	89
Tabelle 54: Probenserie NGT 21 nach der Prüfung	91
Tabelle 55: ATOS-Messungen Probenserie NGT 21	91
Tabelle 56: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 21	92
Tabelle 57: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 21	92
Tabelle 58: Probe NGT 22	93
Tabelle 59: Daten Eindringtiefe Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 22	96
Tabelle 60: Daten Eindringtiefe Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 22	96
Tabelle 61: Gesamtergebnisse Sandwich-Proben mit Aramidkern geprüft mit Eindringkörper Kugel	97
Tabelle 62: Gesamtergebnisse Sandwich-Proben mit Aramidkern geprüft mit Eindringkörper Rolle	97
Tabelle 63: Probenserie NGT 23	98
Tabelle 64: Probenserie NGT 23 im Querschnitt	99
Tabelle 65: Probenserie NGT 23 nach der Prüfung	101
Tabelle 66: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 23	102
Tabelle 67: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 23	102
Tabelle 68: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 23	103
Tabelle 69: Probenserie NGT 24	104
Tabelle 70: Probenserie NGT 24 im Querschnitt	104
Tabelle 71: Probenserie NGT 24 nach der Prüfung	106
Tabelle 72: ATOS-Messungen Probenserie NGT 24	107
Tabelle 73: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie 24	107
Tabelle 74: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie 24	108
Tabelle 75: Probe NGT 25	109
Tabelle 76: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 25	111
Tabelle 77: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 25	111
Tabelle 78: Probenserie NGT 26	112
Tabelle 79: Probenserie NGT 27	115
Tabelle 80: Probenserie NGT 27 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	115
Tabelle 81: Probenserie NGT 27 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	116
Tabelle 82: Probenserie NGT 27 nach der Prüfung	117

Tabelle 83: Probenserie NGT 27 ATOS-Messung.....	118
Tabelle 84: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 27.....	118
Tabelle 85: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 27	118
Tabelle 86: Probenserie 28.....	119
Tabelle 87: Gesamt Balsa Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	122
Tabelle 88: Gesamt Balsa Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	122
Tabelle 89: Probenserie 29.....	123
Tabelle 90: Probe NGT 30.....	126
Tabelle 91: Probenserie NGT 30 im Querschnitt	126
Tabelle 92: Probe NGT 30 nach der Prüfung	127
Tabelle 93: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 30	129
Tabelle 94: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30-1-1	129
Tabelle 95: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30-1-1	129
Tabelle 96: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30-1-2	130
Tabelle 97: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30-1-2	130
Tabelle 98: Probe NGT 31	131
Tabelle 99: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 31	134
Tabelle 100: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 31	134
Tabelle 101: Probe NGT 32.....	135
Tabelle 102: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 32	138
Tabelle 103: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 32	138
Tabelle 104: Probenserie NGT 33	139
Tabelle 105: Probenserie NGT 33 im Querschnitt	139
Tabelle 106: Probenserie NGT 33 nach der Prüfung.....	140
Tabelle 107: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 33	142
Tabelle 108: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 33-1-1	142
Tabelle 109: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 33-1-1	142
Tabelle 110: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 33-1-2	142
Tabelle 111: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 33-1-2	143
Tabelle 112: Probenserie NGT 34	144
Tabelle 113: Probenserie NGT 34 im Querschnitt.....	144
Tabelle 114: Probenserie NGT 34 nach der Prüfung.....	145
Tabelle 115: ATOS-Messung der Probenserie NGT 34	147
Tabelle 116: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 34	147

Tabelle 117: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 34.....	147
Tabelle 118: Probe NGT 35.....	148
Tabelle 119: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 35	152
Tabelle 120: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 35	152
Tabelle 121: Probenserie NGT 36.....	153
Tabelle 122: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 36	157
Tabelle 123: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper der Rolle der Probe NGT 36	157
Tabelle 124: Probenserie NGT 37	158
Tabelle 125: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe 37-1-1	163
Tabelle 126: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1	164
Tabelle 127: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-2	164
Tabelle 128: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1	164
Tabelle 129: Probenserie NGT 38.....	165
Tabelle 130: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 38	168
Tabelle 131: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 38	168
Tabelle 132: Probenserie NGT 39.....	169
Tabelle 133: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 39	172
Tabelle 134: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 39	172
Tabelle 135: Probenserie NGT 40.....	173
Tabelle 136: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 40	176
Tabelle 137: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 40	176
Tabelle 138: Gesamt Bewertung für monolithische Platten Kugelversuch	177
Tabelle 139: Gesamt Bewertung für monolithische Platten Rollenversuch	177
Tabelle 140: Probenserie NGT 41	178
Tabelle 141: Probenserie NGT 42.....	181
Tabelle 142: Probenserie NGT 42 im Querschnitt.....	182
Tabelle 143: Probenserie NGT 42 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	183
Tabelle 144: Probenserie NGT 42 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	184
Tabelle 145: Probenserie NGT 42 nach der Prüfung.....	186
Tabelle 146: Probenserie NGT 42 ATOS-Messung.....	187
Tabelle 147: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 42	188
Tabelle 148: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 42	188

Tabelle 149: Proben mit einem Elastomeranteil der Prüfung mit Eindringkörper Kugel	189
Tabelle 150: Proben mit einem Elastomeranteil der Prüfung mit Eindringkörper Rolle	189

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rollen- und Prüfung mit Eindringkörper Kugel [16].....	23
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Kugel und Prüfung mit Eindringkörper Rolle	23
Abbildung 3: Eigenschaften Bunsenbrenner [4].....	26
Abbildung 4: Probenhalter [4].....	26
Abbildung 5: Probenummerierung	28
Abbildung 6: Maximal erlaubte Biegung einer Bodenplatte [16], Seite 348	31
Abbildung 7: Skizze der Probe NGT 0 im Querschnitt.....	32
Abbildung 8: Probe NGT 0-1 im Querschnitt (Vorderseite).....	33
Abbildung 9: Probe NGT 0-1 im Querschnitt (Rückseite)	33
Abbildung 10: Probe NGT 0-2 im Querschnitt (Vorderseite).....	33
Abbildung 11: Probe NGT 0-2 im Querschnitt (Rückseite)	33
Abbildung 12: Probe NGT 0-3 im Querschnitt (Vorderseite).....	33
Abbildung 13: Probe NGT 0-3 im Querschnitt (Rückseite)	33
Abbildung 14: Probe NGT 0-4 im Querschnitt (Vorderseite).....	33
Abbildung 15: Probe NGT 0-4 im Querschnitt (Rückseite)	33
Abbildung 16: Probe NGT 0-5 im Querschnitt (Vorderseite).....	33
Abbildung 17: Probe NGT 0-5 im Querschnitt (Rückseite)	33
Abbildung 18: Probe NGT 0-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	34
Abbildung 19: Probe NGT 0-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	34
Abbildung 20: Probe NGT 0-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	34
Abbildung 21: Probe NGT 0-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	34
Abbildung 22: Probe NGT 0-5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	34
Abbildung 23: Probe NGT 0-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	35
Abbildung 24: Probe NGT 0-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	35
Abbildung 25: Probe NGT 0-3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	35
Abbildung 26: Probe NGT 0-4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	35
Abbildung 27: Probe NGT 0-5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	35
Abbildung 28: Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 0	36
Abbildung 29: Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 0	36
Abbildung 30: Probe NGT 0-1 nach der Prüfung (Vorderseite)	38
Abbildung 31: Probe NGT 0-1 nach der Prüfung (Rückseite)	38
Abbildung 32: Probe NGT 0-2 nach der Prüfung (Vorderseite)	38
Abbildung 33: Probe NGT 0-2 nach der Prüfung (Rückseite)	38
Abbildung 34: Probe NGT 0-3 nach der Prüfung (Vorderseite)	38
Abbildung 35: Probe NGT 0-3 nach der Prüfung (Rückseite)	38
Abbildung 36: Probe NGT 0-4 nach der Prüfung (Vorderseite)	38
Abbildung 37: Probe NGT 0-4 nach der Prüfung (Rückseite).....	38
Abbildung 38: Probe NGT 0-5 nach der Prüfung (Vorderseite)	38
Abbildung 39: Probe NGT 0-5 nach der Prüfung (Rückseite)	38
Abbildung 40: Probe NGT 0-1 ATOS-Messungen	39
Abbildung 41: Probe NGT 0-2 ATOS-Messungen	39
Abbildung 42: Probe NGT 0-3 ATOS-Messungen	39
Abbildung 43: Probe NGT 0-4 ATOS-Messungen	39
Abbildung 44: Probe NGT 0-5 ATOS-Messungen	39
Abbildung 45: Bezeichnung Metawell® [1]	42
Abbildung 46: Querschnitts-Skizze Probe 1	44

Abbildung 47: Probe 1-1 im Querschnitt.....	44
Abbildung 48: Probe NGT 1 nach der Prüfung.....	44
Abbildung 49: ATOS-Messung der Probe NGT 1.....	45
Abbildung 50: Querschnitts-Skizze Probe NGT 2.....	46
Abbildung 51: Probe NGT 2 im Querschnitt.....	46
Abbildung 52: Probe NGT 2 nach der Prüfung.....	47
Abbildung 53: ATOS-Messung der Probe NGT 2.....	47
Abbildung 54: Querschnitts-Skizze Probe NGT 3.....	49
Abbildung 55: Probe NGT 3 im Querschnitt.....	49
Abbildung 56: Probe NGT 3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	49
Abbildung 57: Probe NGT 3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	50
Abbildung 58: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 3.....	50
Abbildung 59: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 3.....	51
Abbildung 60: Probe NGT 3 nach der Prüfung.....	51
Abbildung 61: ATOS-Messung der Probe NGT 3.....	52
Abbildung 62: Querschnitts-Skizze Probe NGT 4.....	54
Abbildung 63: Querschnitt der Probe NGT 4.....	54
Abbildung 64: Probe NGT 4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	54
Abbildung 65: Probe NGT 4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	55
Abbildung 66: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 4.....	55
Abbildung 67: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 4.....	56
Abbildung 68: Probe NGT 4 nach der Prüfung.....	56
Abbildung 69: ATOS-Messung der Probe NGT 4.....	57
Abbildung 70: Querschnitts-Skizze Probe NGT 5.....	59
Abbildung 71: Probe NGT 5 im Querschnitt.....	59
Abbildung 72: Probe NGT 5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	59
Abbildung 73: Probe NGT 5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.....	60
Abbildung 74: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 5.....	60
Abbildung 75: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe 5.....	61
Abbildung 76: Probe NGT 5 nach der Prüfung.....	61
Abbildung 77: ATOS-Messung der Probe NGT 5.....	62
Abbildung 78: Bezeichnung Aramid-Waben nach [25].....	66
Abbildung 79: Querschnitts-Skizze Probe NGT 17.....	67
Abbildung 80: Probe 17-1 im Querschnitt.....	68
Abbildung 81: Probe 17-2 im Querschnitt.....	68
Abbildung 82: Probe 17-3 im Querschnitt.....	68
Abbildung 83: Probe 17-4 im Querschnitt.....	68
Abbildung 84: Probe 17-5 im Querschnitt.....	68
Abbildung 85: Probe 17-6 im Querschnitt.....	68
Abbildung 86: Diagramm der Prüfungen mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 17.....	69
Abbildung 87: Diagramm der Prüfungen mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 17.....	69
Abbildung 88: Probe NGT 17-1 nach Test.....	70
Abbildung 89: Probe NGT 17-2 nach Test.....	70
Abbildung 90: Probe NGT 17-3 nach Test.....	70
Abbildung 91: Probe NGT 17-4 nach Test.....	70
Abbildung 92: Probe NGT 17-5 nach Test.....	70
Abbildung 93: Probe NGT 17-6 nach der Prüfung.....	70

Abbildung 94: ATOS-Messung der Probe NGT 17-1	72
Abbildung 95: ATOS-Messung der Probe NGT 17-2	72
Abbildung 96: ATOS-Messung der Probe NGT 17-3	72
Abbildung 97: ATOS-Messung der Probe NGT 17-4	72
Abbildung 98: ATOS-Messung der Probe NGT 17-5	72
Abbildung 99: ATOS-Messung der Probe NGT 17-6	72
Abbildung 100: Querschnitts-Skizze Probenserie NGT 18	74
Abbildung 101: Probe NGT 18-1 im Querschnitt	74
Abbildung 102: Probe NGT 18-2 im Querschnitt	74
Abbildung 103: Probe NGT 18-3 im Querschnitt	74
Abbildung 104: Probe NGT 18-4 im Querschnitt	74
Abbildung 105: Diagramm der Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel der Probenserie Probe NGT 18	75
Abbildung 106: Diagramm der Prüfungen mit dem Eindringkörper Rolle der Probenserie Probe NGT 18	76
Abbildung 107: Probe NGT 18-1 nach der Prüfung	77
Abbildung 108: Probe NGT 18-2 nach der Prüfung	77
Abbildung 109: Probe NGT 18-3 nach der Prüfung	77
Abbildung 110: Probe NGT 18-4 nach der Prüfung	77
Abbildung 111: ATOS-Messung der Probe NGT 18-1	78
Abbildung 112: ATOS-Messung der Probe NGT 18-2	78
Abbildung 113: ATOS-Messung der Probe NGT 18-3	78
Abbildung 114: ATOS-Messung der Probe NGT 18-4	78
Abbildung 115: Querschnitts-Skizze Probe NGT 19	80
Abbildung 116: Probe NGT 19-1 im Querschnitt	80
Abbildung 117: Probe NGT 19-2 im Querschnitt	80
Abbildung 118: Probe NGT 19-1 nach der Prüfung	81
Abbildung 119: Probe NGT 19-2 nach der Prüfung	81
Abbildung 120: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 19	81
Abbildung 121: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 19	82
Abbildung 122: ATOS-Messung der Probe NGT 19-1	83
Abbildung 123: ATOS-Messungen der Probe NGT 19-2	83
Abbildung 124: Querschnitts-Skizze Probe NGT 20	84
Abbildung 125: Probe NGT 20-1 im Querschnitt	84
Abbildung 126: Probe NGT 20-2 im Querschnitt	84
Abbildung 127: Probe NGT 20-3 im Querschnitt	84
Abbildung 128: Probe NGT 20-4 im Querschnitt	84
Abbildung 129: Probe NGT 20-1 nach der Prüfung	85
Abbildung 130: Probe NGT 20-2 nach der Prüfung	85
Abbildung 131: Probe NGT 20-3 nach der Prüfung	85
Abbildung 132: Probe NGT 20-4 nach der Prüfung	85
Abbildung 133: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 20	86
Abbildung 134: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 20	86
Abbildung 135: ATOS-Messung der Probe NGT 20-1	87
Abbildung 136: ATOS-Messungen der NGT Probe 20-2	87

Abbildung 137: ATOS-Messungen der Probe NGT 20-3.....	87
Abbildung 138: ATOS-Messungen der Probe NGT 20-4.....	87
Abbildung 139: Querschnitts-Skizze Probe NGT 21.....	89
Abbildung 140: Probe NGT 21-1 im Querschnitt.....	89
Abbildung 141 Probe NGT 21-2 im Querschnitt.....	89
Abbildung 142: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 21.....	90
Abbildung 143: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 21.....	90
Abbildung 144: Probe NGT 21-1 nach der Prüfung.....	91
Abbildung 145: Probe NGT 21-2 nach der Prüfung.....	91
Abbildung 146: ATOS-Messung der Probe NGT 21-1.....	91
Abbildung 147: ATOS-Messung der Probe NGT 21-2.....	91
Abbildung 148: Querschnitts-Skizze Probe NGT 22.....	93
Abbildung 149: Probe NGT 22-1 im Querschnitt.....	93
Abbildung 150: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 22	94
Abbildung 151: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 22	94
Abbildung 152: Probe NGT 22 nach der Prüfung.....	95
Abbildung 153: ATOS-Messung der Probe 22.....	95
Abbildung 154: Querschnitts-Skizze Probe NGT 23.....	98
Abbildung 155: Probe NGT 23-2 im Querschnitt.....	99
Abbildung 156: Probe NGT 23-3 im Querschnitt.....	99
Abbildung 157: Probe 23-4 im Querschnitt.....	99
Abbildung 158: Ergebnis Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 23.....	99
Abbildung 159: Ergebnis Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 23.....	100
Abbildung 160: Probe NGT 23-2 nach der Prüfung.....	101
Abbildung 161: Probe NGT 23-3 nach der Prüfung.....	101
Abbildung 162: Probe NGT 23-4 nach der Prüfung.....	101
Abbildung 163: ATOS-Messung der Probe NGT 23-2.....	102
Abbildung 164: ATOS-Messung der Probe NGT 23-3.....	102
Abbildung 165: ATOS-Messung der Probe NGT 23-4.....	102
Abbildung 166: Querschnitts-Skizze Probe 24.....	104
Abbildung 167: Probe NGT 24-2 im Querschnitt.....	104
Abbildung 168: Probe NGT 24-3 im Querschnitt.....	104
Abbildung 169: Probe NGT 24-4 im Querschnitt.....	104
Abbildung 170: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 24.....	105
Abbildung 171: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 24.....	105
Abbildung 172: Probe NGT 24-2 nach der Prüfung.....	106
Abbildung 173: Probe NGT 24-3 nach der Prüfung.....	106
Abbildung 174: Probe NGT 24-4 nach der Prüfung.....	106
Abbildung 175: ATOS-Messung der Probe NGT 24-2.....	107
Abbildung 176: ATOS-Messung der Probe NGT 24-3.....	107
Abbildung 177: ATOS-Messung der Probe NGT 24-4.....	107
Abbildung 178: Querschnitts-Skizze Probe NGT 25.....	109
Abbildung 179: Probe NGT 25 im Querschnitt.....	109
Abbildung 180: Probe NGT 25 nach der Prüfung.....	109

Abbildung 181: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 25	110
Abbildung 182: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 25	110
Abbildung 183: Probe NGT 25 ATOS-Messungen	111
Abbildung 184: Probe 26 im Querschnitt	112
Abbildung 185: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 26 ..	113
Abbildung 186: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie 26 02.11.2010.....	113
Abbildung 187: Querschnitts-Skizze Probe NGT 27.....	115
Abbildung 188: Probe NGT 27-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	115
Abbildung 189: Probe NGT 27-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	115
Abbildung 190: Probe 27-3 während Prüfung mit Eindringkörper NGT Rolle	116
Abbildung 191: Probe 27-4 während Prüfung mit Eindringkörper NGT Rolle	116
Abbildung 192: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 27	116
Abbildung 193: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 27	117
Abbildung 194: Probe NGT 27-3 nach der Prüfung	117
Abbildung 195: Probe NGT 27-4 nach der Prüfung	117
Abbildung 196: ATOS-Messung der Probe 27-3	118
Abbildung 197: ATOS-Messung der Probe 27-4	118
Abbildung 198: Querschnitts-Skizze Probe NGT 28.....	119
Abbildung 199: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 28	120
Abbildung 200: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 28 ...	120
Abbildung 201: Querschnitts-Skizze Probe 29	123
Abbildung 202: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 29.....	124
Abbildung 203: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe 29-1.....	125
Abbildung 204: Querschnitts-Skizze Probe NGT 30-1-1	126
Abbildung 205: Querschnitts-Skizze Probe NGT 30-1-2	126
Abbildung 206: Probe NGT 30-1-1 im Querschnitt	126
Abbildung 207: Probe NGT 30-1-2 im Querschnitt	126
Abbildung 208: Probe NGT 30-1-1 nach der Prüfung.....	127
Abbildung 209: Probe NGT 30-1-2 nach der Prüfung.....	127
Abbildung 210: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30 (beidseitig).....	127
Abbildung 211: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30 (beidseitig).....	128
Abbildung 212: ATOS-Messung der Probe NGT 30-1-1.....	129
Abbildung 213: ATOS-Messung der Probe NGT 30-1-2.....	129
Abbildung 214: Querschnitts-Skizze Probe NGT 31	131
Abbildung 215: Probe NGT 31 im Querschnitt.....	131
Abbildung 216: Probe NGT 31 nach der Prüfung	131
Abbildung 217: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 31	132
Abbildung 218: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 31 ...	133
Abbildung 219: ATOS-Messung der Probe NGT 31	133

Abbildung 220: Querschnitts-Skizze Probe NGT 32.....	135
Abbildung 221: Probe NGT 32 im Querschnitt.....	135
Abbildung 222: Probe NGT 32 nach der Prüfung	135
Abbildung 223: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 32.....	136
Abbildung 224: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 32	137
Abbildung 225: ATOS-Messung der Probe NGT 32.....	138
Abbildung 226: Querschnitts-Skizze Probe NGT 33-1.....	139
Abbildung 227: Querschnitts-Skizze Probe NGT 33-2.....	139
Abbildung 228: Probe NGT 33-1 im Querschnitt	139
Abbildung 229: Probe NGT 33-2 im Querschnitt	139
Abbildung 230: Probe NGT 33-1-1 nach der Prüfung.....	140
Abbildung 231: Probe NGT 33-1-2 nach der Prüfung.....	140
Abbildung 232: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 33 (beidseitig)	140
Abbildung 233: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 33 (beidseitig)	141
Abbildung 234: ATOS-Messung der Probe NGT 33-1.....	142
Abbildung 235: ATOS-Messung der Probe NGT 33-2.....	142
Abbildung 236: Querschnitts-Skizze Probe NGT 34.....	144
Abbildung 237: Probe NGT 34-1 im Querschnitt	144
Abbildung 238: Probe NGT 34-2 im Querschnitt	144
Abbildung 239: Probe NGT 34-3 im Querschnitt	144
Abbildung 240: Probe NGT 34-4 im Querschnitt	144
Abbildung 241: Probe NGT 34-3 nach der Prüfung.....	145
Abbildung 242: Probe NGT 34-4 nach der Prüfung.....	145
Abbildung 243: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 34.....	145
Abbildung 244: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 34	146
Abbildung 245: Probe NGT 34-3 ATOS-Messungen.....	147
Abbildung 246: Probe NGT 34-4 ATOS-Messungen.....	147
Abbildung 247: Querschnitts-Skizze Probe NGT 35.....	148
Abbildung 248: Probe NGT 35 im Querschnitt.....	148
Abbildung 249: Probe NGT 35 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	149
Abbildung 250: Probe NGT 35 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	149
Abbildung 251: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 35	150
Abbildung 252: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 35	151
Abbildung 253: Probe NGT 35-1 nach der Prüfung.....	151
Abbildung 254: ATOS-Messung der Probe NGT 35-1.....	152
Abbildung 255: Querschnitts-Skizze Probe NGT 36.....	153
Abbildung 256: Probe NGT 36 im Querschnitt.....	153
Abbildung 257: Probe NGT 36 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	153
Abbildung 258: Probe NGT 36 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	154
Abbildung 259: Probe NGT 36-1 nach der Prüfung.....	154

Abbildung 260: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 36	155
Abbildung 261: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 36	156
Abbildung 262: ATOS-Messung der Probe NGT 36	156
Abbildung 263: Querschnitts-Skizze Probe NGT 37	158
Abbildung 264: Probe NGT 31 im Querschnitt.....	158
Abbildung 265: Probe NGT 37-1-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	159
Abbildung 266: Probe NGT 37-1-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	159
Abbildung 267: Probe NGT 37-1-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel.....	159
Abbildung 268: Probe NGT 37-1-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	160
Abbildung 269: Probe NGT 37-1-1 nach der Prüfung.....	160
Abbildung 270: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-1	161
Abbildung 271: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1	161
Abbildung 272: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-2	162
Abbildung 273: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-2	162
Abbildung 274: ATOS-Messung der Probe NGT 37-1-1.....	163
Abbildung 275: Probe NGT 37-1-2 ATOS-Messung.....	163
Abbildung 276: Querschnitts-Skizze Probe NGT 38.....	165
Abbildung 277: Probe NGT 38 im Querschnitt.....	165
Abbildung 278: Probe NGT 38 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	165
Abbildung 279: Probe NGT 38 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	166
Abbildung 280: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 38	166
Abbildung 281: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 38	167
Abbildung 282: Probe NGT 38 nach der Prüfung	167
Abbildung 283: ATOS-Messung der Probe NGT 38	168
Abbildung 284: Querschnitts-Skizze Probe NGT 39.....	169
Abbildung 285: Probe NGT 39 im Querschnitt.....	169
Abbildung 286: Probe NGT 39 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	169
Abbildung 287: Probe NGT 39 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	170
Abbildung 288: Probe NGT 39 nach der Prüfung	170
Abbildung 289: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 39	171
Abbildung 290: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 39	171
Abbildung 291: ATOS-Messung der Probe NGT 39	172
Abbildung 292: Querschnitts-Skizze Probe NGT 40.....	173
Abbildung 293: Probe NGT 40 im Querschnitt.....	173
Abbildung 294: Probe NGT 40 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	173
Abbildung 295: Probe NGT 40 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	174
Abbildung 296: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 40	174

Abbildung 297: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 40	175
Abbildung 298: Probe NGT 40 nach der Prüfung	175
Abbildung 299: ATOS-Messung der Probe NGT 40	176
Abbildung 300: Querschnitts-Skizze Probe NGT 41	178
Abbildung 301: Probe NGT 41 im Querschnitt.....	178
Abbildung 302: Probe NGT 41 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	178
Abbildung 303: Probe NGT 41 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	179
Abbildung 304: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 41	179
Abbildung 305: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 41	180
Abbildung 306: Probe NGT 41 nach der Prüfung	180
Abbildung 307: Querschnitts-Skizze Probe NGT 42.....	181
Abbildung 308: Probe NGT 42-1 im Querschnitt	182
Abbildung 309: Probe NGT 42-2 im Querschnitt	182
Abbildung 310: Probe NGT 42-3 im Querschnitt	182
Abbildung 311: Probe NGT 42-4 im Querschnitt	182
Abbildung 312: Probe NGT 42-5 im Querschnitt	182
Abbildung 313: Probe NGT 42-6 im Querschnitt	182
Abbildung 314: Probe NGT 42-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 315: Probe NGT 42-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 316: Probe NGT 42-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 317: Probe NGT 42-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 318: Probe NGT 42-5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 319: Probe NGT 42-6 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel	183
Abbildung 320: Probe NGT 42-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 321: Probe NGT 42-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 322: Probe NGT 42-3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 323: Probe NGT 42-4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 324: Probe NGT 42-5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 325: Probe NGT 42-6 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle	184
Abbildung 326: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 42	185
Abbildung 327: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 42	185
Abbildung 328: Probe NGT 42-1 nach Test.....	186
Abbildung 329: Probe NGT 42-2 nach Test.....	186
Abbildung 330: Probe NGT 42-3 nach Test.....	186
Abbildung 331: Probe NGT 42-4 nach Test.....	186
Abbildung 332: Probe NGT 42-5 nach Test.....	186
Abbildung 333: Probe NGT 42-6 nach Test.....	186
Abbildung 334: ATOS-Messung der Probe NGT 42-1	187
Abbildung 335: ATOS-Messung der Probe NGT 42-2.....	187
Abbildung 336: ATOS-Messung der Probe NGT 42-3.....	187
Abbildung 337: ATOS-Messung der Probe NGT 42-4.....	187
Abbildung 338: ATOS-Messung der Probe NGT 42-5.....	187
Abbildung 339: ATOS-Messung der Probe NGT 42-6.....	187
Abbildung 340: Technisches Textil Durakin 1414.....	190

Abbildung 341: Brandtest der Probe NGT 37-1	190
Abbildung 342: Brandtest der Probe NGT 38-1	190
Abbildung 343: NGT 37 und NGT 38 Draufsicht nach der Prüfung der Brandrate .	191
Abbildung 344: NGT 42 nach Prüfung der Brandrate	191
Abbildung 345: Gurt für Luftfrachtcontainer	191
Abbildung 346: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 0-1 bis NGT 0-5 vom 29.08.2011 mit Kugel.....	193
Abbildung 347: Vollständige Testergebnisse der Probenserie NGT 0-1 bis NGT0-5 vom 29.08.2011 mit Rolle	194
Abbildung 348: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 3-1 und NGT 3-2 vom 29.08.2011 mit Kugel.....	195
Abbildung 349: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 3-1 und NGT3-2 vom 29.08.2011 mit Rolle.....	196
Abbildung 350: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 4-1 und NGT4-2 vom 29.08.2011 mit Kugel.....	197
Abbildung 351: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 4-1 und NGT 4-2 vom 29.08.2011 mit Rolle.....	198
Abbildung 352: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 5-1 und NGT 5-2 vom 29.08.2011 mit Kugel.....	199
Abbildung 353: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 5-1 und NGT 5-2 vom 29.08.2011 mit Rolle.....	200
Abbildung 354: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 17-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	201
Abbildung 355: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 17-1, -3, -4, -5 und -6 vom 29.08.2011 mit Kugel.....	202
Abbildung 356: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 17-1 und NGT 17-2 vom 02.11.2010 mit Rolle	203
Abbildung 357: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 17-3 bis NGT17-6 und NGT17-1 vom 29.08.2011 mit Rolle	204
Abbildung 358: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 18-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	205
Abbildung 359: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 18-1, NGT 18-3 und NGT 18-4 vom 29.08.2011 mit Kugel	206
Abbildung 360: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 18-1 und NGT 18-2 vom 02.11.2010 mit Rolle	207
Abbildung 361: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 18-3 und NGT 18-4 vom 29.08.2011 mit Rolle	208
Abbildung 362: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 19-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	209
Abbildung 363: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 19-1-1 und NGT 19-1-2 vom 30.08.2011 mit Kugel.....	210
Abbildung 364: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 19-1 und NGT 19-2 vom 02.11.2010 mit Rolle	211
Abbildung 365: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 20-2 und NGT 20-2-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	212
Abbildung 366: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 20-1, NGT 20-3 und NGT 20-4 vom 30.08.2011 mit Kugel	213
Abbildung 367: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 20-1 und NGT 20-2 vom 02.11.2010 mit Rolle	214

Abbildung 368: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 21-1 vom 30.08.2011 mit Kugel.....	215
Abbildung 369: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 21-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	216
Abbildung 370: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 21-1 und NGT 21-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	217
Abbildung 371: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 21-1 und NGT 21-2 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	218
Abbildung 372: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 21-1 bis NGT 21-3 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	219
Abbildung 373: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 22-1-1 und NGT 22-1-2 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	220
Abbildung 374: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 22-1 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	221
Abbildung 375: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 23-1 bis NGT 23-4 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	222
Abbildung 376: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 23-1 bis NGT 23-4 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	223
Abbildung 377: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 24-1 bis NGT 24-4 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	224
Abbildung 378: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 24-1 bis NGT 24-4 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	225
Abbildung 379: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 25-1 vom 02.11.2010 mit Kugel.....	226
Abbildung 380: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 25-1 vom 02.11.2010 mit Rolle.....	227
Abbildung 381: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 26 mit Kugel vom 19.11.2010.....	228
Abbildung 382: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 26-1 und NGT 26-2 vom 19.11.2010 mit Rolle.....	229
Abbildung 383: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 27-1 und NGT 27-2 vom 19.11.2010 mit Kugel.....	230
Abbildung 384: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 27-3 und NGT 27-4 vom 30.08.2011 mit Kugel.....	231
Abbildung 385: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 27-1 vom 19.11.2010 mit Rolle.....	232
Abbildung 386: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 27-3 und NGT 27-4 vom 29.08.2011 mit Rolle.....	233
Abbildung 387: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 28-11, NGT 28-12 und NGT 28-21 bis NGT 28-23 vom 19.11.2010 mit Kugel.....	234
Abbildung 388: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 28-1 und NGT 28-2 vom 19.11.2010 mit Rolle.....	235
Abbildung 389: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 29-11 und NGT 29-12 vom 19.11.2010 mit Kugel.....	236
Abbildung 390: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 29-1 vom 19.11.2010 mit Rolle.....	237
Abbildung 391: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 30-11, NGT 30-12, NGT 31-11, NGT 32-11, NGT 32-12, NGT 33-11 und NGT 33-12 vom 24.11.2010 mit Kugel.....	238

Abbildung 392: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 30-11, NGT 30-12, NGT 31-11, NGT 32-11, NGT 32-12, NGT 33-11 und NGT 33-12 vom 24.11.2010 mit Rolle	239
Abbildung 393: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 33-2-1 und NGT 33-2-2 vom 30.08.2011 mit Kugel.....	240
Abbildung 394: Vollständige Testergebnisse der Proben NGGT 33-2 1 und NGT 33-2 2 vom 29.08.2011 mit Rolle	241
Abbildung 395: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 34-1 bis NGT 34-4 vom 16.02.2011 mit Kugel.....	242
Abbildung 396: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 34-1 bis NGT 34-4 vom 16.02.2011 mit Rolle	243
Abbildung 397: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 35 vom 30.08.2011 mit Kugel	244
Abbildung 398: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 35 vom 29.08.2011 mit Rolle	245
Abbildung 399: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 36 vom 30.08.2011 mit Kugel	246
Abbildung 400: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 36 vom 29.08.2011 mit Rolle	247
Abbildung 401: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 37 vom 21.02.2012 mit Kugel	248
Abbildung 402: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 37 vom 21.02.2012 mit Rolle	249
Abbildung 403: Vollständige Testergebnisse der Probe 37-1-2 vom 21.02.2012 mit Kugel	250
Abbildung 404: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 37-1-2 vom 21.02.2012 mit Rolle.....	251
Abbildung 405: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 38-1 vom 21.02.2012 mit Kugel.....	252
Abbildung 406: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 38-1 vom 21.02.2012 mit Rolle.....	253
Abbildung 407: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 39-1 vom 21.02.2012 mit Kugel.....	254
Abbildung 408: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 39-1 vom 21.02.2012 mit Rolle.....	255
Abbildung 409: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 40-1 vom 19.10.2012 mit Kugel.....	256
Abbildung 410: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 40-1 vom 19.10.2012 mit Rolle.....	257
Abbildung 411: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 41-1 vom 19.10.2012 mit Kugel.....	258
Abbildung 412: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 41-1 vom 19.10.2012 mit Rolle.....	259
Abbildung 413: Vollständige Testergebnisse der Probenserie NGT 42 vom 19.10.2012 mit Kugel.....	260
Abbildung 414: Vollständige Testergebnisse der Probenserie NGT 42 vom 19.10.2012 mit Rolle.....	261

Bezeichnungen

Lateinische Buchstaben

Symbol	Einheit	Bedeutung
A	m ²	Fläche
b	mm	Breite
E	N/mm ²	E-Modul
G	N/mm ²	Schubmodul
h	mm	Höhe
H	mm	Plattenhöhe Metawell®
t	mm	Dicke
t1	mm	Dicke der oberen Deckschicht Metawell®
t2	mm	Dicke der unteren Deckschicht Metawell®
tw	mm	Dicke der Welle Metawell®

Griechische Buchstaben

Symbol	Einheit	Bedeutung
ν	-	Querkontraktionszahl-
ρ	g/cm ³	Dichte

Indizes

A	Abflugmasse
L	Leermasse
N	Nutzmasse
w	Welle
2	2-atomig
Y	Y-Richtung

Abkürzungen

2 K	2 Komponenten
ALU	Aluminium
AKE	Containertyp
B	Breite
cc	coilcoiting
CfK	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
DHL	Paket- und Brief-Express-Dienst, benannt nach den Begründern Adrian Dalsey, Larry Hillblom und Robert Lynn, gehört zur zum Konzern der Deutschen Post AG
DLR	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (e. V.)
e. V.	Eingetragener Verein
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien
EVA	Ethylen-Vinylacetat-Acetat
FA	Institut für Faserverbundeleichtbau und Adaptronik
GfK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GOM [®]	Gesellschaft für Optische Messtechnik mbH
H	Höhe
IATA	International Air Transportation Association
PU	Polyurethan
TSO	Technical Standard Order
UHMW	Ultrahochmolekular
ULD	Unit Load Device

1. Einleitung

Zur Validierung von Werkstoffen für Luftfrachtcontainer-Böden müssen diese geprüft werden. Für Luftfrachtcontainer sind Prüfungen aus den IATA ULD Regulations [16] bekannt. In diesem Bericht wird eine Prüfung davon behandelt. Zwei unterschiedliche Eindringkörper, eine Kugel und eine Rolle werden mit einer definierten Last auf die Probe gebracht. Unterschreitet der entstandene Eindruck einen vorgegebenen Wert, kann dieses für Luftfrachtcontainer eingesetzt werden. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen ausführlich zusammen.

2. Anforderungen gemäß IATA ULD Regulations

In den IATA¹ ULD² Regulations [16] sind grundlegende Anforderungen an Luftfrachtcontainer und -paletten (kurz ULDs) beschrieben. Neben Prüfungen, welche den gesamten Luftfrachtcontainer als eine Komponente prüfen, gibt es für das Material der Bodenplatte gesonderte Prüfungen. Diese werden im Folgenden beschrieben.

2.1. Prüfung mit den Eindringkörpern Kugel und Rolle

Die Prüfungen sind auf Abbildung 1 und Abbildung 2 veranschaulicht. Bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle wird eine Rolle aus Stahl mit einem Durchmesser von 25,4 mm und einer Länge von 51 mm mit 907 kg auf das Material gedrückt. Die permanente Tiefe darf nicht mehr als 0,25 mm betragen. Bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel wird mit einer Kugel aus Stahl mit einem Durchmesser von 25,4 mm mit einem Gewicht von 408 kg auf das Material gedrückt. Hierbei sei angemerkt, dass diese Prüfungen für alle Böden bzw. Paletten gilt. Ein Boden der K-Größe hat eine Dicke von 2,7 mm und ein Boden der A-Größe eine Dicke von 4 mm. Auch wenn das Abfluggewicht der Luftfrachtcontainer auch von der Größe abhängt, wird hier keine Unterscheidung hinsichtlich der Prüfungen gemacht.

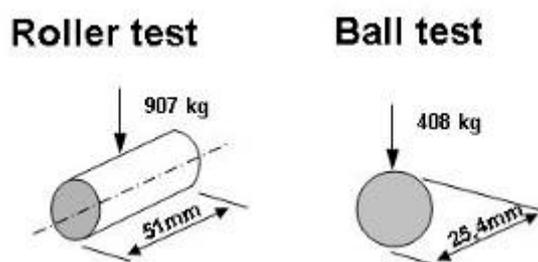


Abbildung 1: Rollen- und Prüfung mit Eindringkörper Kugel [16]

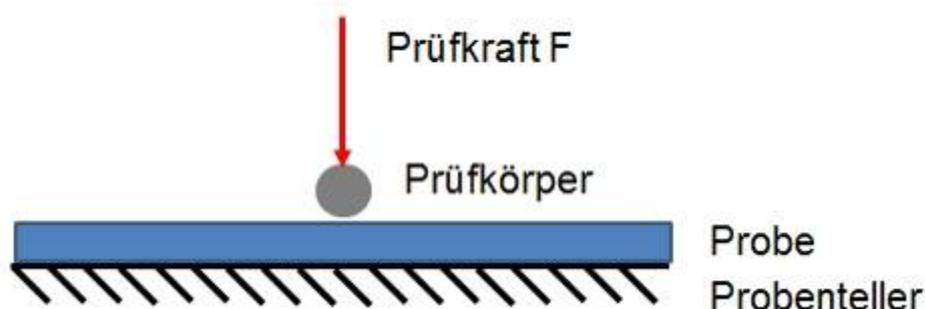


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Kugel und Prüfung mit Eindringkörper Rolle

¹ International Air Transportation Association

² Unit Load Device: Oberbegriff für Luftfrachtcontainer und -paletten

Hintergrund dieser Prüfungen ist, dass ULDs auf Kugel- und Rollenbahnen verschoben werden. Ein im Flugzeug eingesetztes so genanntes Transportladesystem ermöglicht so das Verschieben der tonnenschweren ULDs per Hand.

Jede Proben wurde einzeln vermessen und gewogen, um ein Flächengewicht zu bestimmen. Der jeweilige Mittelwert ist in einer Tabelle angegeben. Auf den Proben wurde die Bereiche, welche geprüft wurden gekennzeichnet (langer Strich: Rolle, Kreuz: Kugel).

Die Prüfungen wurde am Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik (FA) gemäß den IATA ULD Regulations [16] weiterentwickelt und durchgeführt. Die Proben liegen beim Test flächig ohne weitere Lagerung auf einem Druckteller auf. Die Testgeschwindigkeit beträgt 2mm/min. Geprüft wurde mit einer Zwick 1476 bei Normklima (gemäß [2] bei 23 °C 50 % relativer Feuchte). Die Proben lagen mindestens 24 Stunden unter diesen Bedingungen im Prüflabor gelagert. Während der Prüfungen wurden der Traversenweg sowie die Kraft aufgenommen und in einem Diagramm aufgezeichnet. Der Traversenweg ist der Weg den die Traverse während des Versuches zurücklegt. Er entspricht nicht der bleibenden Deformation der Probe, da die Probe elastisch zurück federt. Der bleibende Eindruck auf der Oberfläche der Probe wird mit einem optischen Messverfahren (ATOS) ermittelt und mit der Software GOM[®] Inspect ausgewertet.

Sofern verschiedene Proben geprüft wurden, sind diese sowohl mit einer anderen Farbe als auch mit einem Versatz im Diagramm gekennzeichnet, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Alle Diagramme sind im Anhang aufgeführt. Versuche einer Probenreihe wurden teilweise an verschiedenen Tagen durchgeführt. Um alle Daten dieser zusammenzufassen, wurden anhand der TRA-Dateien alle Daten zusammengeführt. Dies erklärt auch das unterschiedliche Aussehen der Diagramme. Die Prüfungen wurden kontinuierlich über Jahre erstellt und werden nun in diesem Bericht zusammengefasst und ausgewertet. Proben ähnlichen Materials, welche beispielsweise nur in Dicke oder Ausrichtung der Einzellagen variieren, werden gesondert miteinander verglichen.

Sofern der Kraftabfall während der Prüfung zu groß ist (z. B. durch ein Versagen der Struktur) oder zu lange dauert wird diese abgebrochen.

Eine Vorkraft von 10 kN wurde gewählt. Eine Vorkraft ist sinnvoll, um alle Proben miteinander vergleichen zu können. Denn erst nach Erreichen dieser wird der Traversenweg aufgenommen. Insbesondere bei unterschiedlich dicken Proben macht dieses Vorgehen Sinn. Auch wenn eine maximale Kraft vorgegeben wird, endet der Test nicht exakt bei dieser Probe. Die Probe erfährt immer noch etwas mehr Kraft als vorgegeben. Dies hängt mit der Trägheit der Maschine zusammen.

Für die Dokumentation wurden alle Probe im Schnitt, bei und nach der Prüfung fotografiert. Anschließend wurde die Oberfläche mit dem optischen Messverfahren ATOS vermessen. Hiermit war es möglich die bleibende Deformation zu ermitteln, da ein Unterschied auf der Oberfläche ermittelt werden kann. Unebenheiten einer Platte werden sichtbar. Dies kann die Messergebnisse geringfügig beeinflussen. Sind die

Eindrücke zu gering können diese nicht ermittelt werden. In dem Fall wird aber die maximal erlaubte Tiefe der Eindrücke eindeutig unterschritten.

2.2. Prüfung der Brandrate

Eine weitere Prüfung, welche für Materialien von Luftfrachtcontainern relevant ist, ist die Ermittlung der Brandrate. Es ist eine Probe der Größe 75 mal 305 mm erforderlich. Der zu benutzende Bunsenbrenner ist auf Abbildung 77 mit seinen Eigenschaften gezeigt. Die Probe wird auf den in Abbildung 78 gezeigten Probenhalter gelegt. Die Flamme wird 15 Sekunden unter die Probe gehalten und dann die Ausbreitungsgeschwindigkeit gemessen.

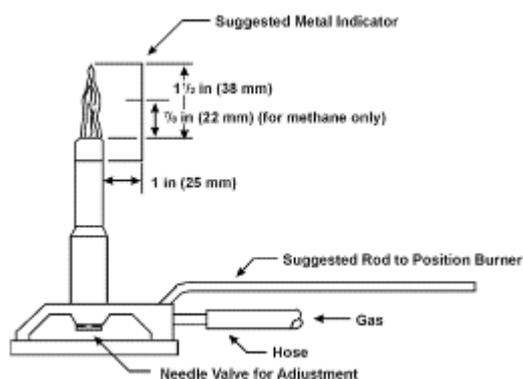


Abbildung 3: Eigenschaften Bunsenbrenner [4]

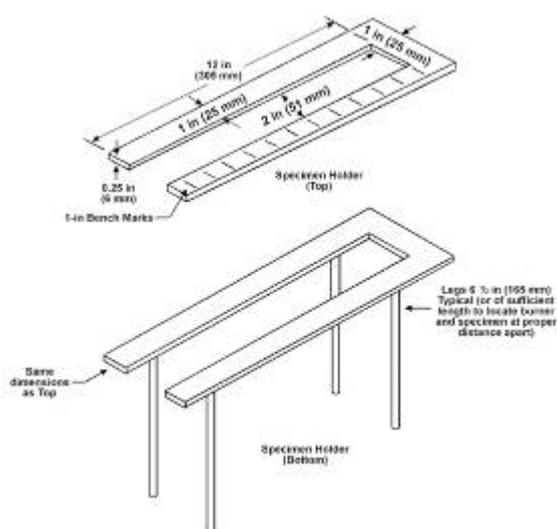


Abbildung 4: Probenhalter [4]

Werden mehrere Materialien miteinander kombiniert, muss der Verbund in der eingesetzten Dicke geprüft werden. Ansonsten werden die Ergebnisse nicht korrekt dargestellt. Zusammen eingesetzte Materialien beeinflussen sich und die Dicke hat einen Einfluss auf den Energieeintrag in das Material, welches wiederum die Ausbreitungsgeschwindigkeit beeinflusst. Das bedeutet auch, dass ein einzeln brandgeschütztes Material in Kombination mit einem anderen Material nicht mehr brandgeschützt sein muss. Das Ergebnis der Prüfung der Brandrate ist eine Zahl. Eine Null bedeutet, dass das Material selbstverlöschend vor der 292 Millimeter-Linie

ist. Dies ist das beste zu erreichende Ergebnis. Eine Brandrate von maximal 64 mm pro Minute beziehungsweise 2,5 Zoll pro Minute heißt, dass sich die Flammfront mindestens 3:58 Minuten oder länger bis zur 292 Millimeter-Markierung ausbreitet. Bei einer Brandrate von maximal 102 mm pro Minute beziehungsweise 4 Zoll pro Minute braucht die Flammfront mindestens 2:51 Minuten oder länger bis zur 292 Millimeter-Markierung.

3. Proben

Die geprüften Proben werden in diesem Bericht einzeln mit deren Ergebnissen vorgestellt und ein Vergleich von ähnlichen Proben hergestellt.

3.1. Nummerierung

Die Nummerierung erfolgt gemäß Abbildung 5. Die erste Ziffer steht für den Aufbau der Probe. Sofern es mehrere Proben des gleichen Aufbaus gibt, werden diese durch eine zweite Ziffer gekennzeichnet. Beide Ziffern werden durch einen Bindestrich getrennt. Wenn beide Seiten der Proben geprüft wurden, kennzeichnet dies eine dritte Ziffer, die ebenfalls durch einen Bindestrich getrennt ist.

Der schematische Aufbau im Schnitt mit der jeweiligen Dicke wird zu jedem Aufbau skizziert. Ein horizontaler Strich stellt dabei immer eine Lage dar, wobei ein Gewebe auch als eine Lage gewertet wird. Die unterschiedlichen Materialien werden einer jeweiligen Farben zugeordnet, welche sofern möglich der Realität entsprechen, siehe Tabelle 1. Diese Darstellung soll nur einen kurzen Überblick geben und gibt keinerlei Ausrichtung der Lagen wider.

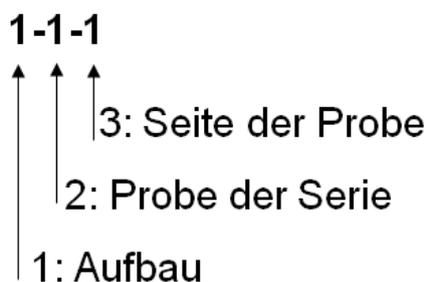


Abbildung 5: Probennummerierung

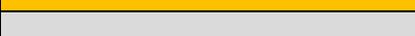
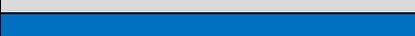
Material	Farbe	
Aluminium	Grau	
Glasfaser	Blau	
Aramid	Orange	
Kohlenstofffaser	schwarz	
Balsa	Orange	
Kleber	hellgrau	
EPDM	dunkelblau	
EVA	gelb	

Tabelle 1: Farben mit dazugehörigen Materialien Skizze

In einer Tabelle werden allgemeine Angaben zu den Proben gemacht. Hierzu zählen die Probennummer, die Probenanzahl, das Prüfungsdatum, die Abmessungen in mm, die Dicke in mm und das ermittelte Flächengewicht in g/m². Die Proben wurden

außerdem im Querschnitt und nach der Prüfung fotografiert. Die Ergebnisse stellen sowohl das Kraft-Traversenweg-Diagramm als auch die Messung der bleibenden Eindrücke mittel GOM® ATOS dar. Die Ergebnisse werden tabellarisch für jede Probe zusammengefasst und in einem Unterkapitel ausgewertet.

Die Rückseite hat bei keiner der Proben eine Beschädigung erfahren. Prinzipiell ist ein Schaden im Kraft-Traversenweg-Verlauf zu erkennen, indem der regelmäßige Verlauf der Kraft unterbrochen wird. Teilweise wurde eine Testreihe an unterschiedlichen Tagen geprüft. Dementsprechend gibt von jedem Prüfungstag ein Prüfprotokoll, alle Prüfprotokolle befinden sich im Anhang. Sofern es mehrere Protokolle gibt, werden die Daten in ein Diagramm zusammengefügt.

3.2. Materialien

Materialien, die zum Einsatz gekommen sind:

- Aluminium 7000er Legierung
- Glasfaser-Prepreg (Glasfasern mit Epoxidharz, EHG250-68-37 [10], EHG241-300-45-T2 [12])
- Aramid-Wabe [25]
- Kohlenstofffaser-Prepreg (Kohlenstofffaser mit Epoxidharz, Hexply 6376C-926-35% [13]; EP121-C20-45 [11])
- Balsaholz
- Hohlglasfasern [6]
- Kleber (Araldite® 2014 [15])
- EPDM³ (HAA9530/29 [7], SAA9509/22 [9])
- UHMW⁴-PE⁵ (UHMW-PE D-W) [23]
- EVA⁶ (HHZ1907-59 [8])

³ Ethylen-Propylen-Dien

⁴ Ultrahochmolekular

⁵ Polyethylen

⁶ Ethylen-Vinyl-Acetat

Die jeweiligen Eindringtiefen nach dem Test werden tabellarisch aufgeführt und Minima (grün) und Maxima (rot) gekennzeichnet.

3.3. Referenz Probenserie NGT 0

Materialien mit der Probennummer NGT 0 stellen die Referenz der Prüfungen dar. Es handelt sich hierbei um Platten, die aus einer schon eingesetzten Luftfrachtcontainerpalette geschnitten wurden. Der Betrieb hat eine Wölbung der Platte verursacht. Diese Wölbung, ist ein typisches Phänomen der Luftfrachtcontainer-Böden, welches auf das Material Aluminium zurückzuführen ist. Aluminium hat die Eigenschaft sich plastisch zu verformen. Wird nun eine Platte aus Aluminium (wie ein Luftfrachtcontainer-Boden oder eine Luftfrachtpalette) regelmäßig auf Kugel- und Rollenbahnen verschoben (z. B. Transportladesystem im Flugzeug) wird diese irgendwann eine Vergrößerung erfahren. Der steifere umlaufende Rahmen (höhere Biegesteifigkeit durch dickere Materialstärke), der fest mit der Bodenplatte verbunden ist, zwingt diese in ihre Form. Der ULD wird am Rahmen z. B. im Flugzeug befestigt, die Ladung belastet die Bodenplatte von oben annäherungsweise flächig und punktuell (Kugel) oder linienförmig (Rolle) von unten. So kommt es zu einer Wölbung des Bodens. Ist diese zu stark, siehe Abbildung 6, ist der gesamte Luftfrachtcontainer unbrauchbar und nicht mehr einsatzbereit. Eine Reparatur lohnt sich in vielen Fällen nicht für den Anwender, da diese unwirtschaftlich ist. Daher ist eine Wölbung unerwünscht und möglichst durch eine neues Material oder einer Kombination zu vermeiden.

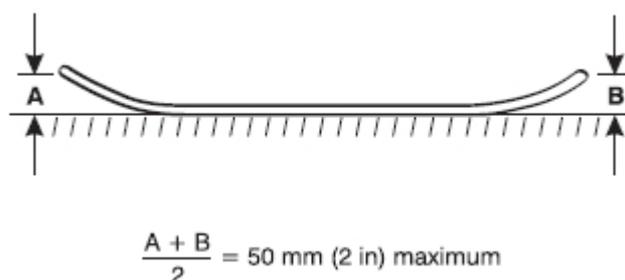


Abbildung 6: Maximal erlaubte Biegung einer Bodenplatte [16], Seite 348

Die Referenz (NGT 0) ist eine Aluminium der 7000er [3] Legierung. Entweder es handelt sich um eine 7021-T6 oder 7075-T6 (Satco), je nach Hersteller. Die Proben wurden von Jan van Duffel, zu dem Zeitpunkt tätig bei der Firma DHL, zur Verfügung gestellt. Die Materialeigenschaften von Aluminium sind Tabelle 2 zu entnehmen. Angaben zur Probe fasst Tabelle 3 zusammen. Den schematischen Aufbau sieht man auf Abbildung 7.

Bezeichnung	E-Modul E [N/mm ²]	Dichte ρ [g/cm ³]	Querkontraktionszahl ν [-]
Aluminium	72.000 [24]	2,7 [24]	0,34 [24]

Tabelle 2: Materialeigenschaften Aluminium

Nr.	Anzahl	Prüfungs- datum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 0	5	29.08.2011 30.08.2011	200 x 200	4	11.605

Tabelle 3: Probenserie 0



Abbildung 7: Skizze der Probe NGT 0 im Querschnitt

Abbildung 8 bis Abbildung 17 zeigen die Proben der Serie NGT 0 im Querschnitt. Auch hier ist die Unebenheit der Probe zu erkennen. Zur Veranschaulichung dieser, wurden die Proben beidseitig im Querschnitt fotografiert.

	
<p>Abbildung 8: Probe NGT 0-1 im Querschnitt (Vorderseite)</p>	<p>Abbildung 9: Probe NGT 0-1 im Querschnitt (Rückseite)</p>
	
<p>Abbildung 10: Probe NGT 0-2 im Querschnitt (Vorderseite)</p>	<p>Abbildung 11: Probe NGT 0-2 im Querschnitt (Rückseite)</p>
	
<p>Abbildung 12: Probe NGT 0-3 im Querschnitt (Vorderseite)</p>	<p>Abbildung 13: Probe NGT 0-3 im Querschnitt (Rückseite)</p>
	
<p>Abbildung 14: Probe NGT 0-4 im Querschnitt (Vorderseite)</p>	<p>Abbildung 15: Probe NGT 0-4 im Querschnitt (Rückseite)</p>
	
<p>Abbildung 16: Probe NGT 0-5 im Querschnitt (Vorderseite)</p>	<p>Abbildung 17: Probe NGT 0-5 im Querschnitt (Rückseite)</p>

Tabelle 4: Probenserie NGT 0 vor der Prüfung

Abbildung 18 bis Abbildung 27 in Tabelle 4 zeigen die einzelnen Proben bei der Prüfung mit Eindringkörper Kugel. Die Wölbung dieser, ist auch auf diesen Bilder zu erkennen.

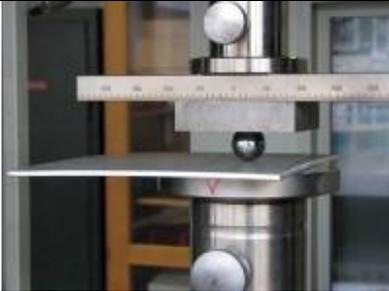
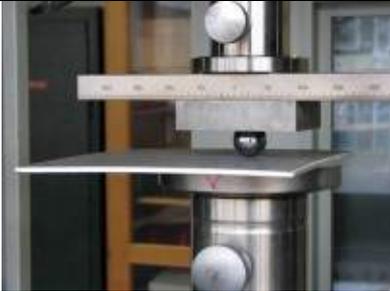
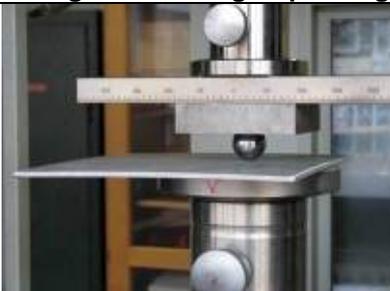
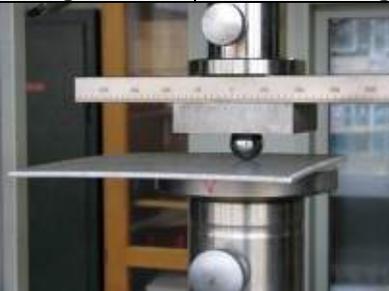
 <p>Abbildung 18: Probe NGT 0-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	 <p>Abbildung 19: Probe NGT 0-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>
 <p>Abbildung 20: Probe NGT 0-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	 <p>Abbildung 21: Probe NGT 0-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>
 <p>Abbildung 22: Probe NGT 0-5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	

Tabelle 5: Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 0

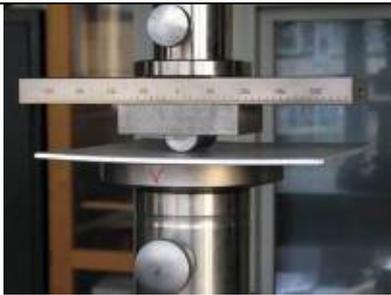
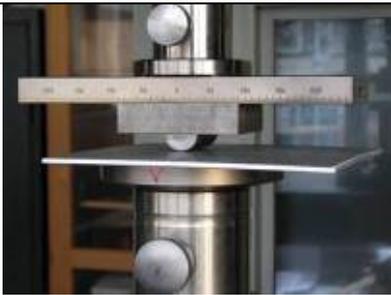
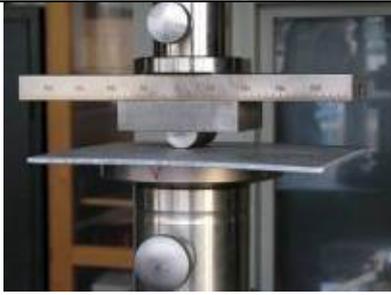
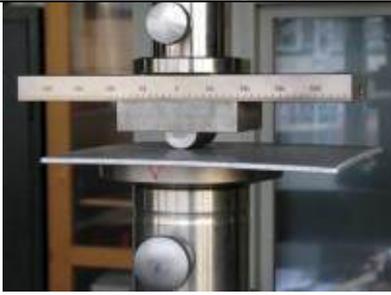
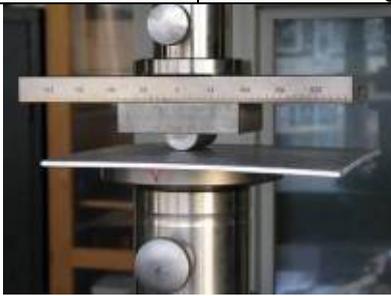
 <p>Abbildung 23: Probe NGT 0-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	 <p>Abbildung 24: Probe NGT 0-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>
 <p>Abbildung 25: Probe NGT 0-3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	 <p>Abbildung 26: Probe NGT 0-4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>
 <p>Abbildung 27: Probe NGT 0-5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	

Tabelle 6: Probenserie NGT 0 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 23 bis Abbildung 27 der Tabelle 6 zeigen die Probenserie NGT 0 während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Wie auch beim Prüfung mit Eindringkörper Kugel ist hier die Wölbung sichtbar.

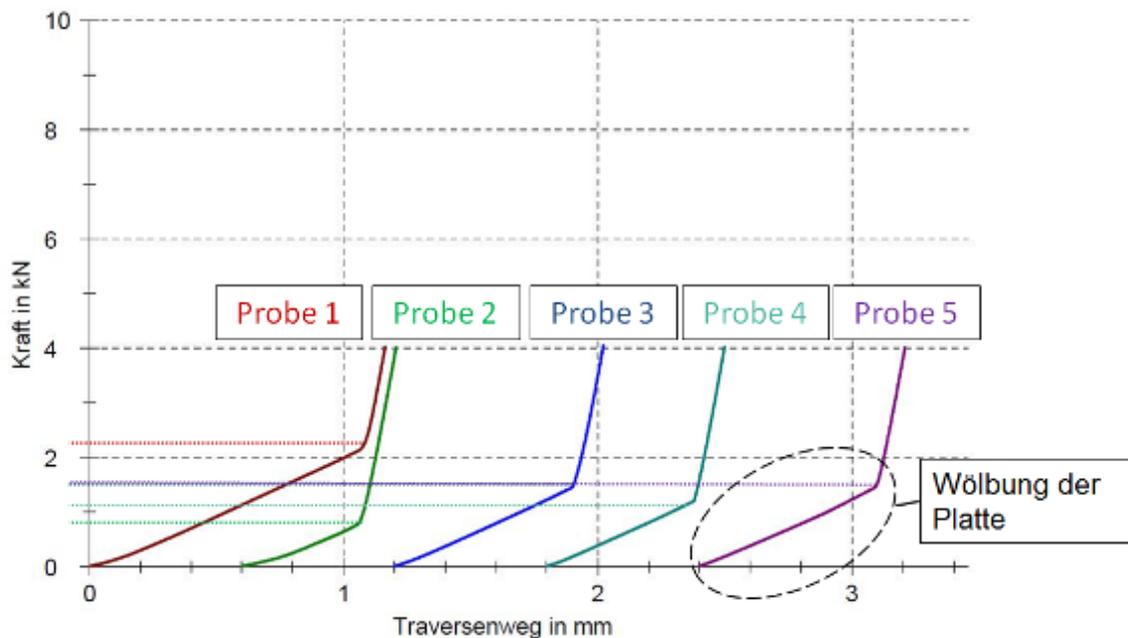


Abbildung 28: Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 0

Abbildung 28 zeigt das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel. Der erste Teil der Kurve ist ein Indiz für die Wölbung des Materials. Erst wenn das Material auf dem Probenteller aufliegt steigt auch die Kurve steiler an.

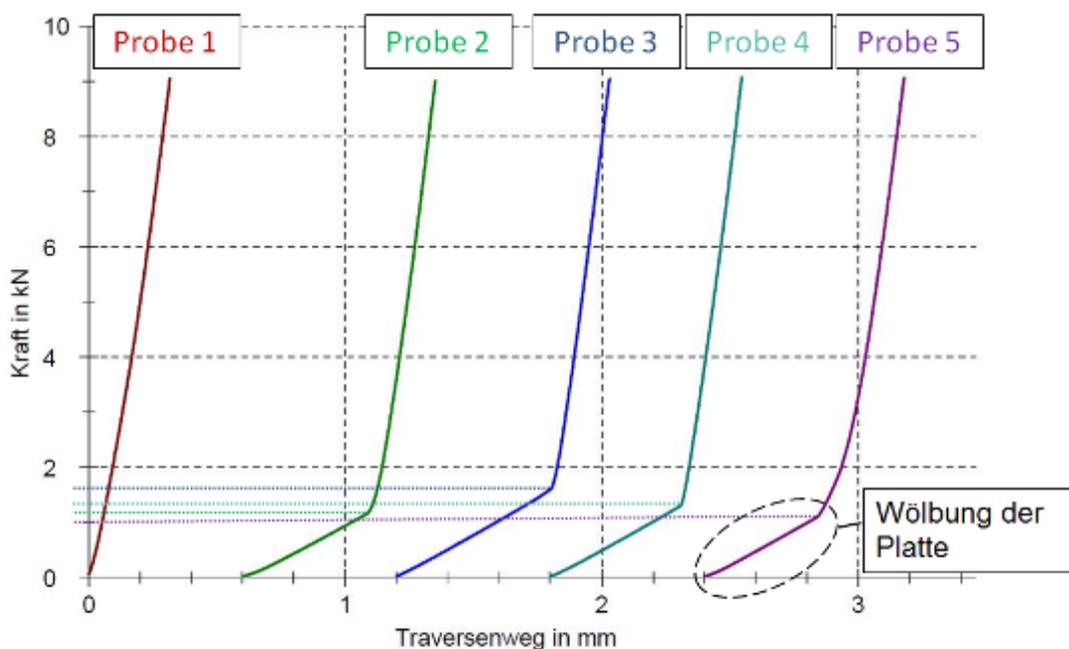


Abbildung 29: Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 0

Gleiches gilt für die Abbildung 29, welche das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle zeigt. Tabelle 7 enthält jede Probe nach der Prüfung. Es sind visuell keine Schäden zu erkennen. Dies ist auch nicht verwunderlich, da Aluminium

den Kugel- und Rolltest bestanden haben muss, da das Material standardmäßig eingesetzt wird.

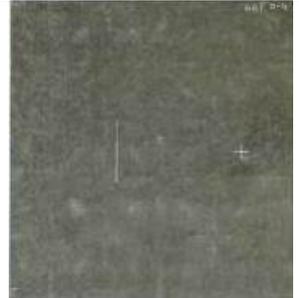
 <p>Abbildung 30: Probe NGT 0-1 nach der Prüfung (Vorderseite)</p>	 <p>Abbildung 31: Probe NGT 0-1 nach der Prüfung (Rückseite)</p>
 <p>Abbildung 32: Probe NGT 0-2 nach der Prüfung (Vorderseite)</p>	 <p>Abbildung 33: Probe NGT 0-2 nach der Prüfung (Rückseite)</p>
 <p>Abbildung 34: Probe NGT 0-3 nach der Prüfung (Vorderseite)</p>	 <p>Abbildung 35: Probe NGT 0-3 nach der Prüfung (Rückseite)</p>
 <p>Abbildung 36: Probe NGT 0-4 nach der Prüfung (Vorderseite)</p>	 <p>Abbildung 37: Probe NGT 0-4 nach der Prüfung (Rückseite)</p>
 <p>Abbildung 38: Probe NGT 0-5 nach der Prüfung (Vorderseite)</p>	 <p>Abbildung 39: Probe NGT 0-5 nach der Prüfung (Rückseite)</p>

Tabelle 7: Probenserie 0 nach der Prüfung

Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen. Die Skala der Legende geht von 2 bis -2. Die Messung zeigt deutlich die Wölbung der Proben.

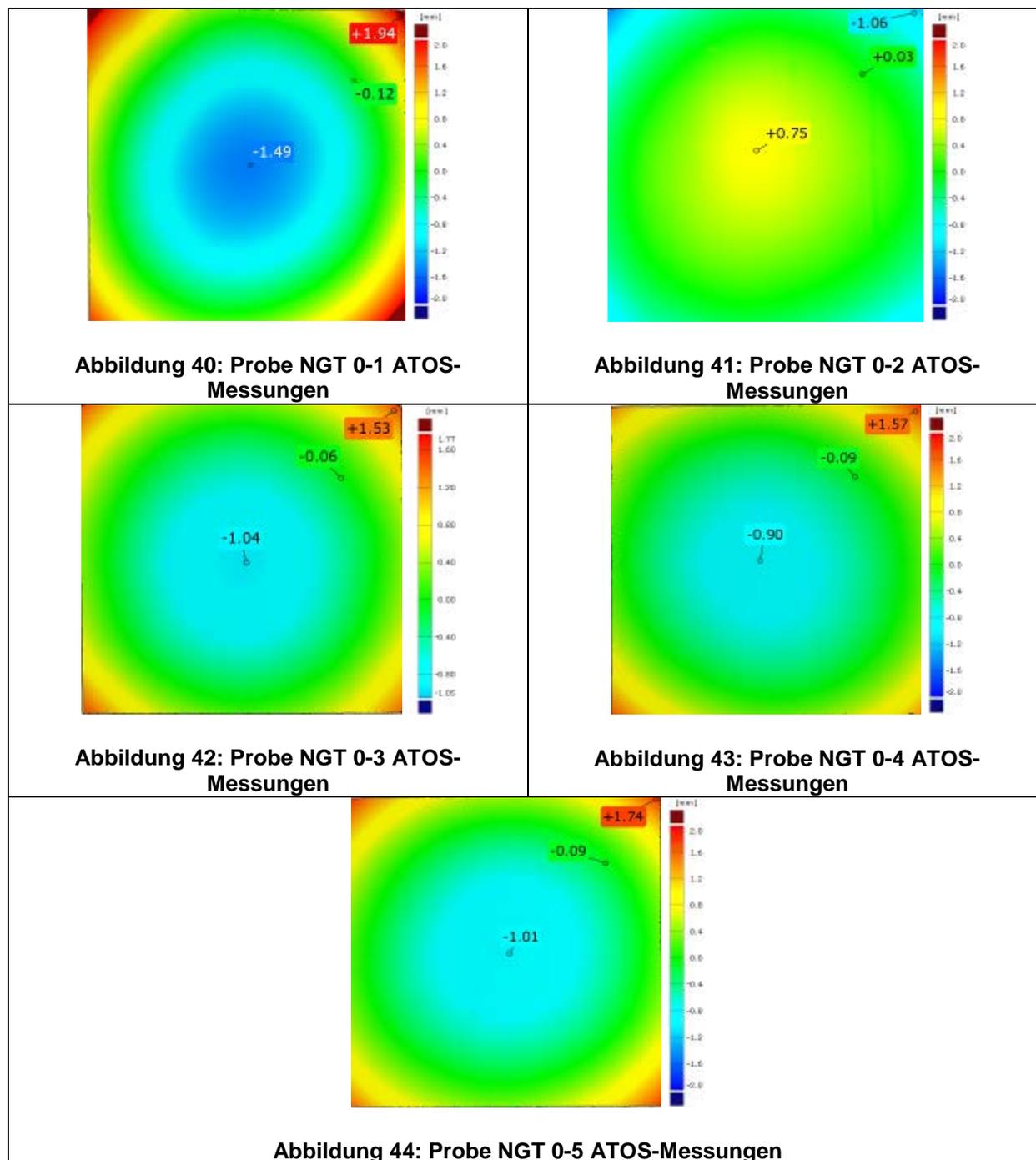


Tabelle 8: Ergebnisse ATOS-Messungen Probenserie NGT 0

3.3.1. Auswertung Probe NGT 0

Es ist optisch kein Eindruck weder durch die Kugel noch durch die Rolle zu erkennen, vgl. Tabelle 7. Die Proben sind gebogen, da diese aus dem Betrieb

stammen, vgl. Abbildung 6. Daher kann diese Probe nur als Referenz für das Flächengewicht dienen. Da das Material dem Stand der Technik für Luftfrachtcontainerböden entspricht, werden die Prüfungen auch bei einem nicht vorgebogenen Material erfolgreich gewesen sein. Es ist davon auszugehen, dass das Material die Prüfungen bestanden hat. Ansonsten hätte das Material keine Zertifizierung bekommen.

Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse der Prüfung mit Eindringkörper Kugel und Abbildung 29 die Ergebnisse der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Die erste Steigung kommt dadurch zustande, dass die Probe eine Vorwölbung hat. Die Probe wird durch den Druck des Eindringkörpers belastet. Ab dem Zeitpunkt ab dem die Probe auf dem Probensteller aufliegt, ist der Kurvenverlauf steiler. Bei der Prüfung mit der Kugel tritt eine Änderung der Steigung ab knapp unterhalb 1 kN bis knapp oberhalb 2 kN auf. Bei der Prüfung mit Eindringkörper Rolle hat Probe NGT 0-1 keinen Sprung im Kurvenverlauf. Die restlichen Proben haben zwischen 1 kN und 1,8 kN einen Sprung in der Steigung. Die unterschiedlichen Werte, ab welcher Kraft ein Sprung im Kurvenverlauf zu erkennen ist, ist abhängig von der Stärke der Wölbung sowie die verhältnismäßige Lage des Eindringkörpers auf der Probe und der Wölbung an sich.

Proben der Nummer NGT 0-3 bis NGT 0-5 wurden anders herum geprüft als beschriftet (Rolle). Der regelmäßige Kraftverlauf schließt darauf, dass keine Schädigung der Proben vorliegt. Die optische Messung zeigt die Wölbung der Platte, siehe Tabelle 8.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 0-1	-0,5	0,0	0,0
NGT 0-2		0,0	
NGT 0-3		0,0	
NGT 0-4		0,0	
NGT 0-5		0,0	

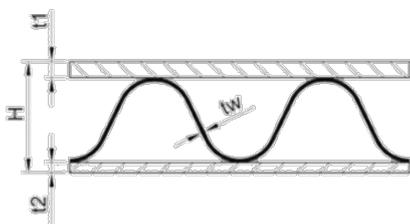
Tabelle 9: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 0

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 0-1	-0,25	0,0	0,0
NGT 0-2		0,0	
NGT 0-3		0,0	
NGT 0-4		0,0	
NGT 0-5		0,0	

Tabelle 10: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 0

3.4. Probenserie NGT 1-5 (Metawell®)

Dieses Material wird auch als Metawell® bezeichnet und wurde direkt vom Hersteller bezogen. Es besteht aus einem Wellblech als Kern und einer oberen sowie einer unteren Deckschicht aus Aluminium aus einer Legierung mit der Bezeichnung EN AW-5754 H48. Variiert werden hier die Welle (Abstand der Wellenberge und -Täler) und die Höhe dieser. Bei den Proben wurden mehrere Prüfungen auf einer Platte durchgeführt, um einen möglichen Einfluss der Welle (Richtung, Ort auf der Welle) zu identifizieren. Die Bedeutung der Bezeichnung von Metawell® ist auf Abbildung 45 verdeutlicht. Die erste Position steht für das Material. Aluminium ist mit „Alu“ abgekürzt. Die zweite Position beschreibt die Oberflächenbehandlung der oberen Deckschicht, die in dem unten stehenden Beispiel Haftlack (hl) ist. Gefolgt wird diese Bezeichnung von der Angabe der Dicke der oberen Deckschicht mit der Bezeichnung t1, welche bei einer 10, 1,0 mm beträgt. Die darauf folgenden Ziffern stehen für die Dicke der Welle (tw), welche 0,3 mm im Falle der Ziffern 03 entspricht. Position 5 der Bezeichnung kennzeichnet die Dicke der unteren Decklage, analog zur oberen Decklage entspricht eine 10, 1,0 mm. Darauf folgt die Oberflächenbeschichtung der unteren Lage. Die Abkürzung cc steht für Coilcoating, was zu Deutsch einer Bandlackierung entspricht. Die letzte Position beschreibt die Höhe (H) der Platte in mm. Angaben über den Radius der Welle sind seitens des Herstellers nicht gegeben. Die Außenabmessungen betragen 210 x 297 mm und in einem Fall (Probe 4) 148 x 210 mm. Die Gesamtdicke der Proben beträgt zwischen 5,5 und 10,3 mm. Die Dicke der Deckschichten variiert zwischen 1 mm und 0,5 mm.



Alu hl 10-03-10 cc / H6

- | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|---------------------------------|---|--|-------------------------|--|--|
| | | | | | | | | |
| 1. Material: Aluminium | | | | | | | | |
| | 2. Oberflächenbeschichtung der oberen Deckschicht: Haftlack | | | | | | | |
| | | 3. t1: Stärke der oberen Deckschicht; 1,0 mm | | | | | | |
| | | | 4. tw: Stärke der Welle; 0,3 mm | | | | | |
| | | | | 5. t2: Stärke der unteren Deckschicht; 1,0 mm | | | | |
| | | | | | 6. Oberflächenbeschichtung der unteren Deckschicht: Coilcoating bandlackiert | | | |
| | | | | | | 7. H; Plattenhöhe in mm | | |

Abbildung 45: Bezeichnung Metawell® [1]

Leider lässt sich von der Materialbezeichnung nicht auf den Abstand der einzelnen Wellenberge und –Täler. Die allgemeinen Materialeigenschaften von Aluminium sind Tabelle 2 zu entnehmen.

3.5. Probe NGT 1

Die Probe mit der Nummer NGT 1 mit der Materialbezeichnung hl 10-03-10 hl / H6 [21] hat eine Gesamtdicke von 6 mm, wobei beide Deckschichten jeweils 1 mm stark sind, siehe Abbildung 46. Weitere Informationen können Tabelle 11 entnommen werden.



Abbildung 46: Querschnitts-Skizze Probe 1

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 1	1	29.08 und 30.08.2011	210 x 297	6,0	6.907 ⁷

Tabelle 11: Probe 1

Abbildung 47 zeigt die Probe NGT 1-1 im Querschnitt. Wie auf Abbildung 48 zu erkennen, ist diese Probe nicht quadratisch und hat eine Abmessung von 210 x 297 mm. Das Material war als Muster nur in dieser Größe lieferbar.



Abbildung 47: Probe 1-1 im Querschnitt

Leider fehlen hier die Kraft-Traversenweg-Diagramme. Abbildung 48 (Foto nach der Prüfung) und Abbildung 49 (ATOS-Messung) zeigen aber, dass die Proben geprüft wurden.



Abbildung 48: Probe NGT 1 nach der Prüfung

⁷ Sowohl gemessen als auch durch Datenblatt bestätigt

3.5.1. Auswertung Probe NGT 1

Auf die Probe wurde drei Mal mit der Rolle und zwei Mal mit der Kugel gedrückt, siehe Abbildung 48 und Abbildung 49. Es ist ein deutlicher Eindruck nach den Prüfungen festzustellen, siehe Abbildung 48 und Abbildung 49. Die Eindrücke überschreiten, die maximal erlaubten Tiefen.

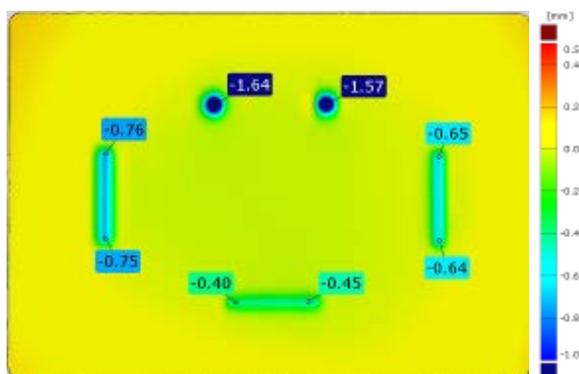


Abbildung 49: ATOS-Messung der Probe NGT 1

Die bleibenden Eindrücke überschreiten die Vorgaben, vergleiche Tabelle 12 und Tabelle 13.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 1-1	-0,5	-1,64	-1,605
NGT 1-2		-1,57	

Tabelle 12: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 1-1	-0,25	-0,75	-0,62
NGT 1-2		-0,45	
NGT 1-3		-0,65	

Tabelle 13: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 1

3.6. Probe NGT 2

Wie bei Probe NGT 1 handelt sich auch hier um Metawell[®] der Legierung EN AW-5182 H48 mit der Materialbezeichnung Alu hl 10-03-05 hl / H10 (Metawell[®]) [20]. Die Probe ist dicker und die Welle des Kerns hat einen größeren Radius als bei der Probe NGT 1, vergleiche Abbildung 50. Die Gesamtdicke beträgt 10 mm. Die obere und untere Deckschicht haben unterschiedliche Stärken (1 mm und 0,5 mm), wobei auf der dickeren Deckschicht geprüft wurde. Die unterschiedlichen Deckschicht-Dicken lassen ebenfalls auf Abbildung 50 und Abbildung 51 erkennen. Die Abmessung der Proben NGT 1 und NGT 2 sind mit 210 x 297 mm identisch. Weitere Informationen können Tabelle 14 entnommen werden.



Abbildung 50: Querschnitts-Skizze Probe NGT 2

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 2	1	29.08.2011 ⁸	210 x 297	10	5.652

Tabelle 14: Probe NGT 2

Auch hier fehlen die Kraft-Traversenweg-Diagramme der beiden Prüfungen. Abbildung 48 und Abbildung 49 zeigen aber, dass die Prüfungen durchgeführt wurden.



Abbildung 51: Probe NGT 2 im Querschnitt

Auch Abbildung 52 und Abbildung 53 ist zu entnehmen, dass die Prüfungen durchgeführt wurden.

⁸ Der quasi-statische Test wurde durchgeführt, aber nicht abgespeichert



Abbildung 52: Probe NGT 2 nach der Prüfung

3.6.1. Auswertung Probe NGT 2

Auf der Probe wurde drei Mal mit der Rolle und zwei Mal mit der Kugel auf der Seite mit der dickeren Deckschicht der Probe gedrückt, siehe Abbildung 52 und Abbildung 53. Es sind optisch deutliche Eindrücke nach den Prüfungen festzustellen. Diese überschreiten die Vorgaben, vergleiche Tabelle 15 und Tabelle 16. Auffällig ist, dass die Enden der Rolle einen breiteren und tieferen Eindruck verursacht haben, hier ist das Material gerissen. Abbildung 53 lässt erkennen, dass sich die gesamte Probe durch die Prüfung nach oben gebogen hat.

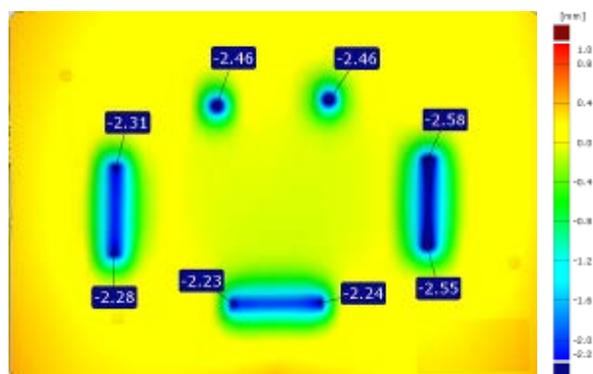


Abbildung 53: ATOS-Messung der Probe NGT 2

Tabelle 15 fasst die Ergebnisse der Prüfung mit Eindringkörper Kugel zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 2-1	-0,5	-2,46	-2,46
NGT 2-2		-2,46	

Tabelle 15: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 2

Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der Prüfung mit Eindringkörper Rolle.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 2-1		-2,31	
NGT 2-2	-0,25	-2,24	-2,38
NGT 2-3		-2,58	

Tabelle 16: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 2

3.7. Probe NGT 3

Diese Metawell[®]-Ausführung bestehend aus der Legierung EN AW-5182 H48 und hat die Materialbezeichnung Alu SF CC 08-03-05 hl / H10 [19]. Die Gesamthöhe der Probe beträgt 10,3 mm und ist damit höher als die Proben NGT 1 und NGT 2. Die Deckschichten sind unterschiedlich dick (0,8 und 0,5 mm, wobei die dickere Deckschicht lackiert ist, vergleiche Abbildung 45). Die Höhenunterschiede der Deckschichten sind so gering, dass man diese nur schwer optisch erkennen kann, vergleiche Abbildung 54 und Abbildung 55. Die Welle ist enger als die Welle der Probe NGT 2. Die Abmessung dieser Probe beträgt wie bei Probe NGT 1 und Probe NGT 2 210 x 297 mm. Tabelle 17 fasst die wesentlichen Daten der Probe zusammen.

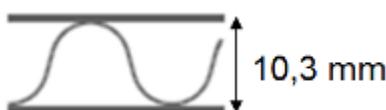


Abbildung 54: Querschnitts-Skizze Probe NGT 3

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 3	1	29.08.2011	210 x 291	10,3	5.148

Tabelle 17: Daten der Probe NGT 3

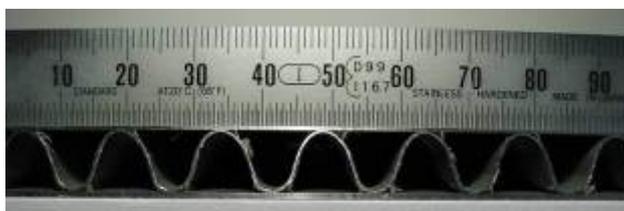


Abbildung 55: Probe NGT 3 im Querschnitt

Abbildung 56 zeigt exemplarisch die Probe während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel. Analog dazu zeigt Abbildung 57 die Probe NGT 3 während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Rechts ist jeweils das Ende der Prüfung dargestellt. Die Probe hat sich global verformt.

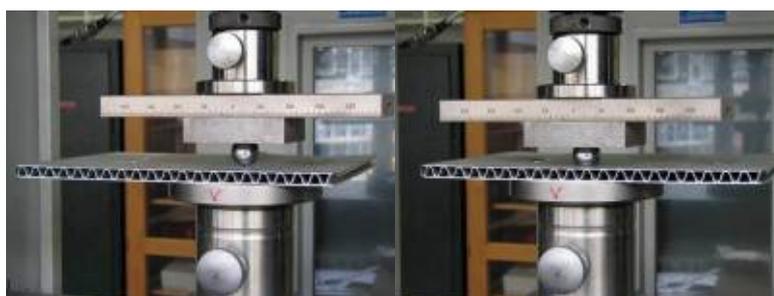


Abbildung 56: Probe NGT 3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel



Abbildung 57: Probe NGT 3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 58 zeigt das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel.

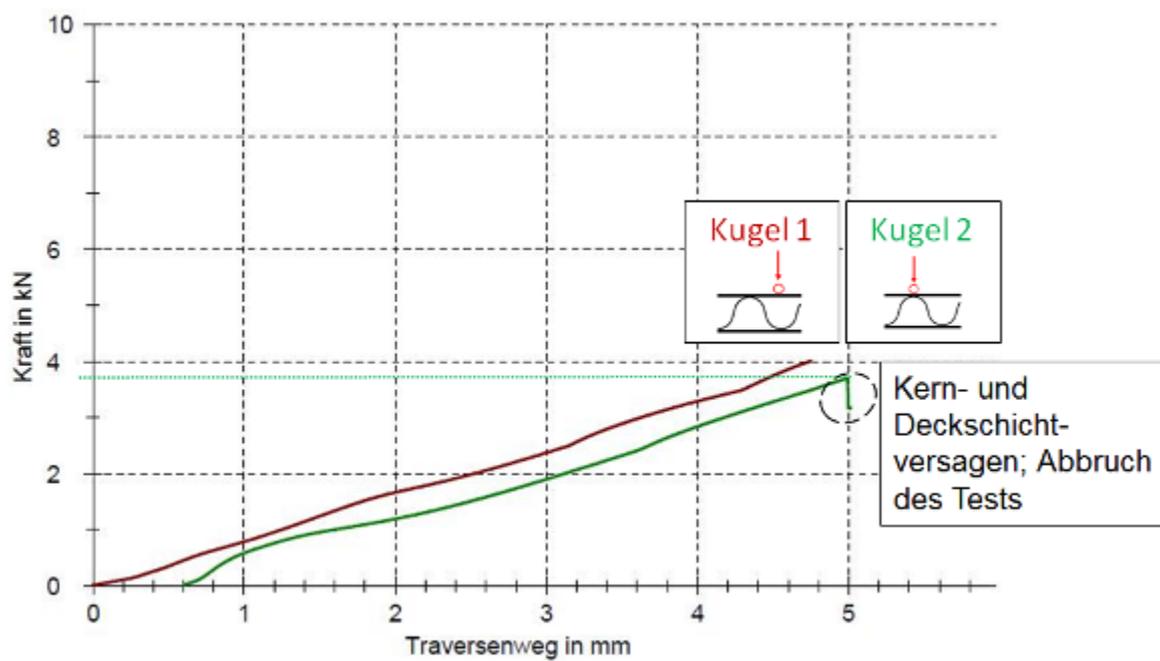


Abbildung 58: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 3

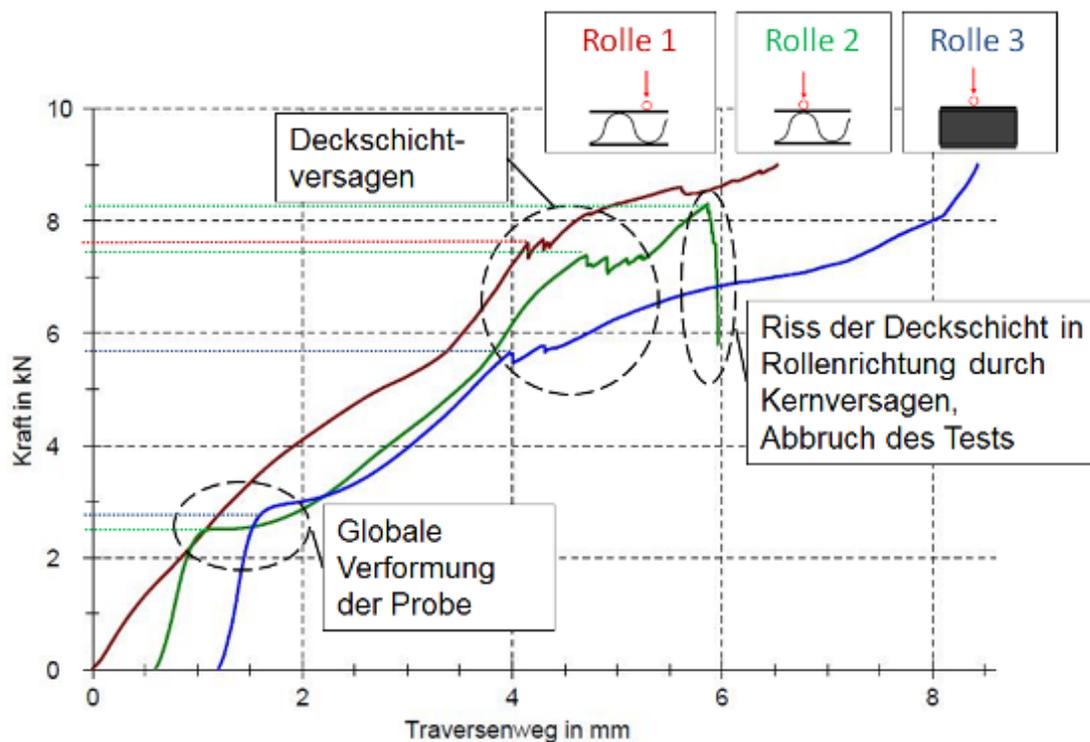


Abbildung 59: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 3

Abbildung 60 zeigt die Probe nach der Prüfung. Die Eindrücke von Kugel und Rolle sind visuell gut zu erkennen.



Abbildung 60: Probe NGT 3 nach der Prüfung

3.7.1. Auswertung Probe NGT 3

Es wurde drei Mal mit der Rolle (1. Neben der Welle, 2. Auf der Welle, 3. 90° gedreht) und zwei Mal mit der Kugel (1. neben der Welle und 2. auf der Welle) auf die Probe gedrückt. Hierbei wurde auf der dünneren Seite geprüft, da diese unlackiert war. Bei dem ersten Eindruck mit dem Eindringkörper Kugel (rote Kurve) wurde das Wellental und beim zweiten Eindruck (grüne Kurve) der Wellenberg getroffen siehe Abbildung 58. Kernversagen, kam bei der zweiten Prüfung mit der Kugel zum Tragen, welche zu einem Riss in der Deckschicht geführt hat. Beim zweiten Eindruck kam es zu einem plötzlichen Kraftabfall von ca. 3,8 kN auf knapp 3 kN, vergleiche Abbildung 58. Die maximale Prüflast von 4 kN wurde nicht erreicht,

da der Test aufgrund des starken Kraftabfalls abgebrochen wurde. Der Kraftabfall lässt auf ein Kernversagen schließen. Die Deckschicht hat keine optisch wahrnehmbare Schädigung.

Die Lage der Rolle auf der Probe wurde erst neben und dann auf der Welle positioniert und anschließend 90° gedreht. Beim ersten Durchgang hat die Kurve einen relativ regelmäßigen Verlauf. Erst bei einer Kraft von 5,8 kN, wenn die Deckschicht durch den Eindringkörper auf die Welle trifft wird die Steigung steiler. Beim zweiten und dritten Durchgang, bei einer Kraft von 2,5 kN und 2,8 kN, wird die Probe global verformt, was sich hier in einer flacheren Steigung bemerkbar macht. Ein Deckschicht-Versagen bei welchem die Deckschichten reißen, ist in den Messkurven deutlich zu erkennen. Diese treten bei einer Kraft zwischen 5,8 und 8,8 kN auf. Der zweite Eindruck mit der Rolle hat die maximale Prüflast von 9 kN nicht erreicht. Der deutliche Kraftabfall lässt auf ein Kernversagen schließen. Am Ende der Rolle sind bei allen drei Durchläufen die Deckschichten gerissen. Beim ersten Eindruck verläuft der obere und der untere Riss gerade. Beim zweiten Durchlauf ist der untere Riss gerade und der obere Riss verläuft links in einem 45°-Winkel. Der Riss wird dann gestoppt, wenn dieser auf die nächste Welle trifft, welche mit der Deckschicht verbunden ist. Beim dritten Durchlauf verlaufen die Risse in einem 20°-Winkel bis sie auch hier auf die nächste Verbindung zwischen Deckschicht und Welle treffen. Beim zweiten Durchgang wird ein Riss über die gesamte Eindringkörperlänge durch Kernversagen verursacht. Abbildung 59 zeigt das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Die Rolle wurde hier in drei unterschiedlichen Positionen auf die Probe aufgebracht. Bei dem ersten Eindruck (rote Kurve) wurde das Wellental und beim zweiten Eindruck (grüne Kurve) der Wellenberg getroffen. Die Rolle wurde dann beim dritten Eindruck um 90° gedreht und trifft somit Teile des Wellentals und Teile des Wellenbergs.

Die ATOS-Messung, vergleiche Abbildung 61 zeigt zum einen die Unebenheit der Probe und zum anderen auch sichtbaren Eindrücke, welche die Vorgaben überschreiten. Das Material ist orthogonal zur Rollenlänge am Ende des Rolleneindrucks gerissen. Bei einem Eindruck ist dies auch in Richtung der Rolle (Rolleneindruck Nummer 2) passiert. Bei Rolleneindruck der Nummer 3 ist das Material nach oben gedrückt worden. Eine Delamination von Wellenkern und Deckschicht ist dabei aber nicht aufgetreten. Im Vergleich zu den anderen Metawell® Proben sind hier die tiefsten bleibenden Verformungen aufgetreten.

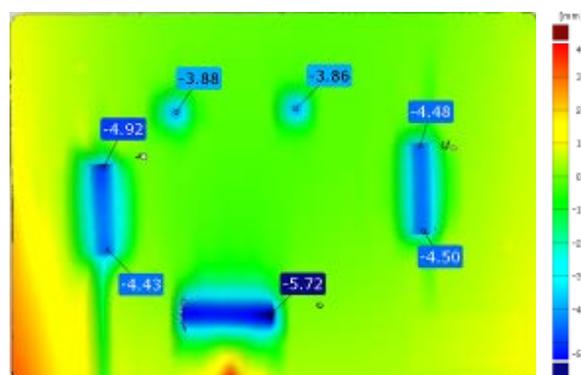


Abbildung 61: ATOS-Messung der Probe NGT 3

Tabelle 18 und Tabelle 19 fassen die Ergebnisse der Messungen zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-3,88	-3,87
2		-3,86 ⁹	

Tabelle 18: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 3

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	-4,92	-5,05
2		-5,72 ¹⁰	
3		-4,5	

Tabelle 19: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 3

⁹ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

¹⁰ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.8. Probe NGT 4

Die Probe NGT 4 ist ebenfalls Metawell® der Legierung EN AW-5182 Alu cc 08-02-05 hl / H5,5 [18]. Die Materialbezeichnung lautet Alu cc 08-02-05 hl / H5,5. Die Gesamtdicke dieses Materials beträgt 5,5 mm, welche die geringste Dicke im Vergleich zu den anderen Metawell®-Produkten darstellt. Die Deckschichten haben eine unterschiedliche Dicke (0,8 und 0,5 mm). Die Abmessung beträgt 148 x 210 mm. Dabei stellt diese Probe die kleinste von den Metawell®-Produkten dar. Tabelle 20 können weitere Informationen der Probe entnommen werden.



Abbildung 62: Querschnitts-Skizze Probe NGT 4

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
4	1	29.08.2011	148 x 210	5,5	4.611

Tabelle 20: Probe NGT 4

Abbildung 63 zeigt die Probe im Querschnitt.



Abbildung 63: Querschnitt der Probe NGT 4

Abbildung 64 zeigt die Probe 4 während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel.



Abbildung 64: Probe NGT 4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Abbildung 65 zeigt die Probe NGT 4 während der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle. Links ist jeweils der Anfang und rechts das Ende der Prüfung zu sehen.



Abbildung 65: Probe NGT 4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel ist Abbildung 66 zu entnehmen.

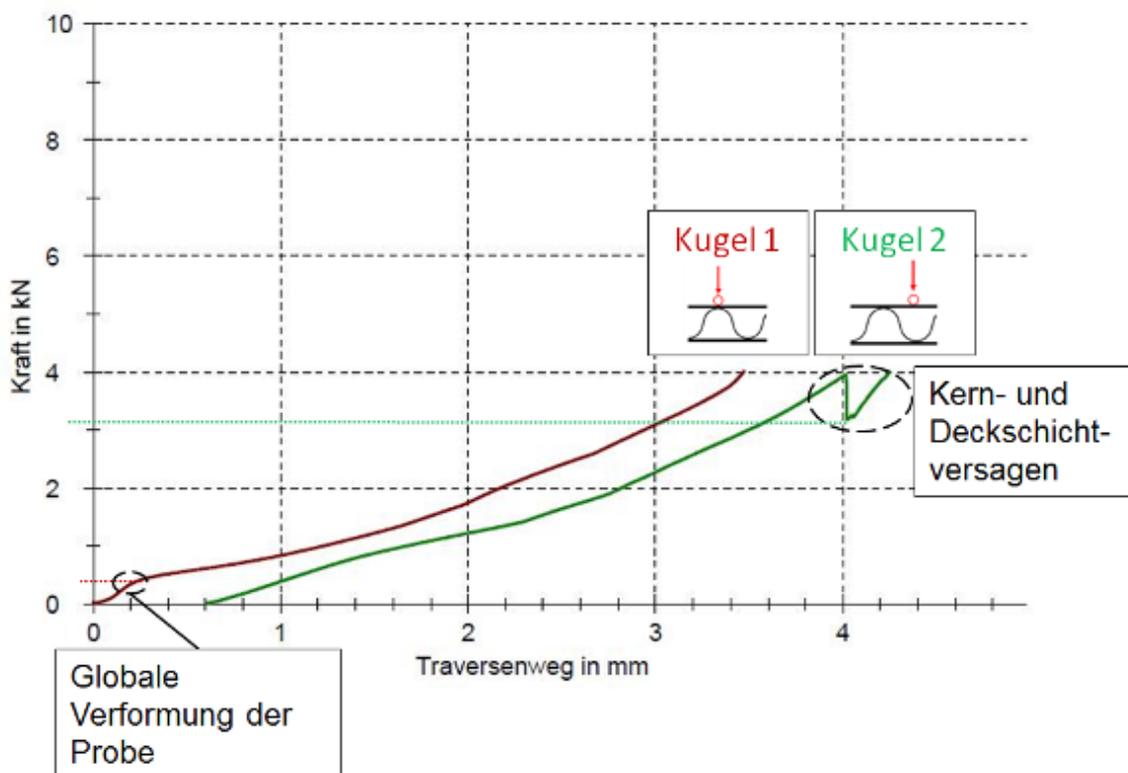


Abbildung 66: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 4

Abbildung 67 zeigt das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolles der Probe NGT 4.

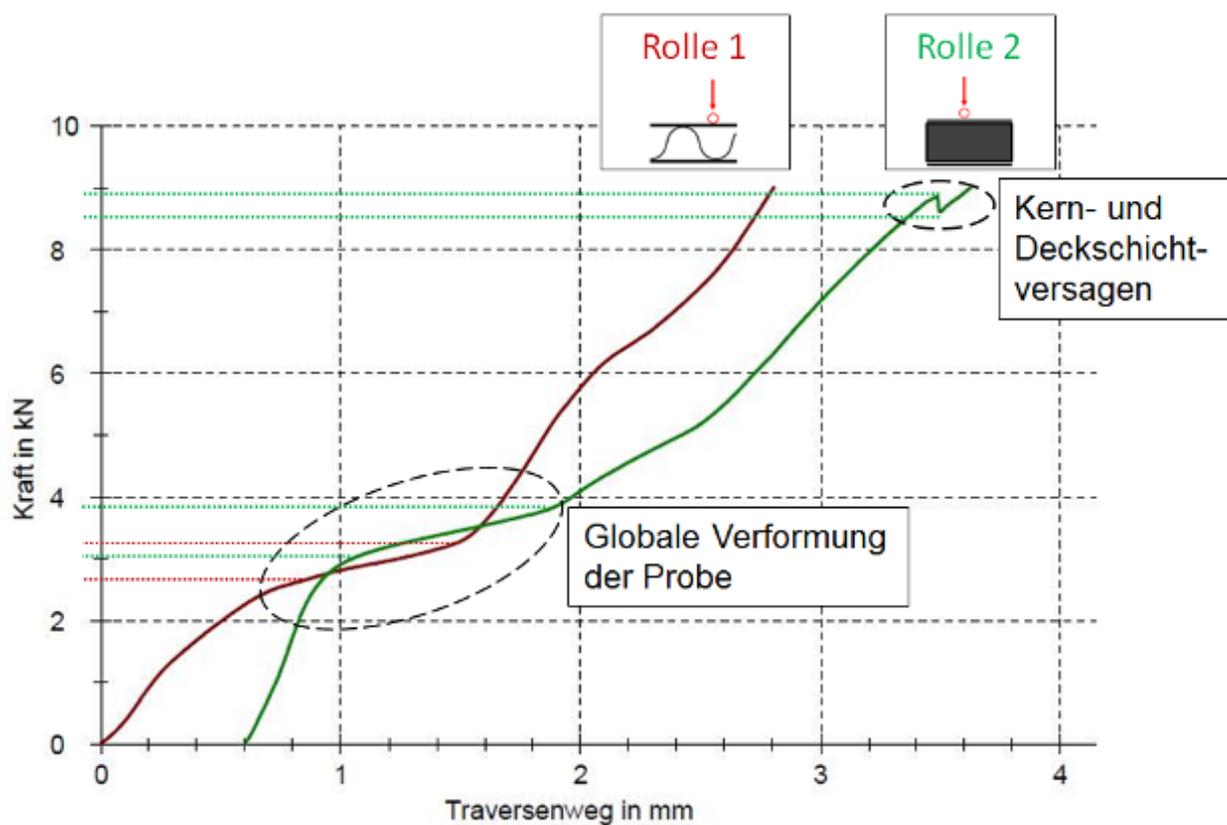


Abbildung 67: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 4



Abbildung 68: Probe NGT 4 nach der Prüfung

Optisch sind nach der Prüfung deutliche Eindrücke zu erkennen, siehe Abbildung 68.

3.8.1. Auswertung Probe NGT 4

Es wurde zwei Mal mit der Kugel (1. Auf der Welle, 2. neben der Welle) und zwei Mal mit der Rolle (1. Neben der Welle und 2. Um 90° gedreht) die Probe gedrückt. Auch hier wurde die unlackierte dünnere Seite zum Testen genutzt.

Beim ersten Durchlauf mit der Kugel ist eine Änderung der Steigung bei 0,4 kN der Messkurve zu erkennen, was auf die globale Verformung der Probe hinweist. Auch bei der Prüfung mit der Rolle kommt es zu einer Änderung der Steigung um 3 kN ($\pm 0,15$ kN) und 3 kN bzw. 3,9 kN, was auch hier auf die globale Verformung der Probe schließen lässt. Bei der jeweils zweiten Messung ist ein Kraftabfall zu erkennen, was den Schluss eines Kernversagens zulässt, welcher gleichzeitig zu einem Deckschichtversagen führt. Bei der Prüfung mit der Kugel fällt die Kraft knapp unter der maximalen Prüflast von 4 kN auf 3 kN ab, die 4 kN werden aber dennoch erreicht. Bei der Prüfung mit der Rolle ist dies ähnlich. Auch hier fällt kurz vor dem Erreichen der maximalen Prüflast von 9 kN diese plötzlich ab. Der Abfall ist aber geringer (ca. 0,3 kN) als bei der Prüfung mit der Kugel. Die maximale Prüflast wird auch hier noch erreicht.

Die Ergebnisse der ATOS-Messungen sind Abbildung 69 zu entnehmen. Die Tiefen überschreiten die zulässigen Vorgaben, vergleiche Tabelle 21 und Tabelle 22. Die Deckschicht ist nicht gerissen.

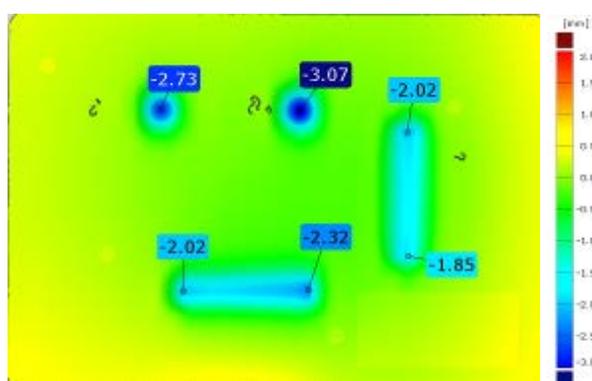


Abbildung 69: ATOS-Messung der Probe NGT 4

Tabelle 21 und Tabelle 22 fasst die Ergebnisse der Messung zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-2,73	-2,9
2		-3,07	

Tabelle 21: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 4

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	-2,02	-2,17
2		-2,32	

Tabelle 22: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 4

3.9. Probe NGT 5

Auch dieses Material ist Metawell[®] der Legierung EN AW-5182. Die Produktbezeichnung lautet Alu hl 08-02-05 hl / H5,5 [17]. Die Gesamtdicke beträgt 5,5 mm, was die geringste Dicke innerhalb der Metawell[®]-Proben ist, siehe Abbildung 70. Die Dicke der Deckschichten unterscheidet sich auch hier voneinander (0,8 mm und 0,5 mm). Die äußeren Abmessungen betragen 210 x 297 mm.



Abbildung 70: Querschnitts-Skizze Probe NGT 5

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
5	1	29.08.2011	210 x 297	5,5	4.629

Tabelle 23: Probe NGT 5

Abbildung 71 zeigt die Probe im Querschnitt.

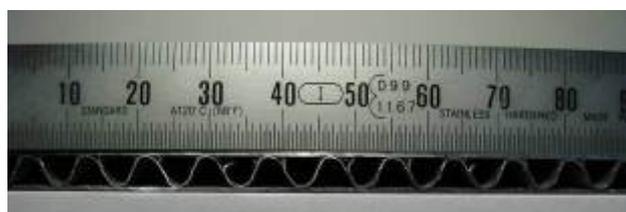


Abbildung 71: Probe NGT 5 im Querschnitt

Die Probe 5 bei Prüfung mit Eindringkörper Kugel ist auf Abbildung 72 zu sehen.

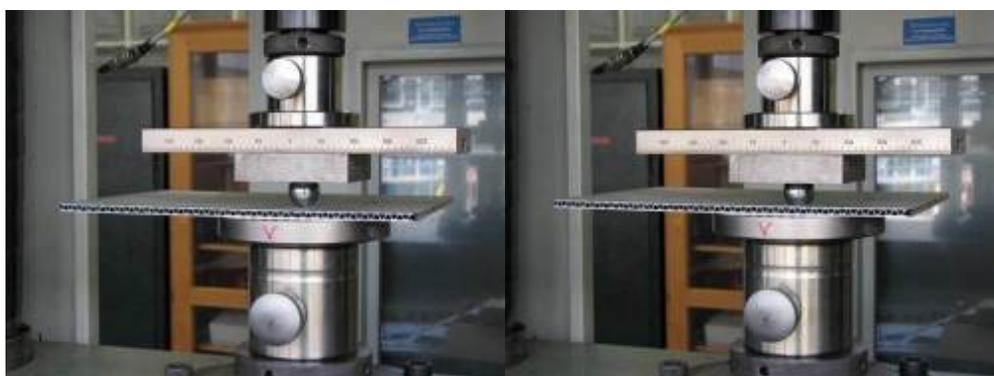


Abbildung 72: Probe NGT 5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Abbildung 73 veranschaulicht die Probe 5 während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle.



Abbildung 73: Probe NGT 5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 74 und Abbildung 75 zeigen die Diagramme für Kugel- bzw. Prüfung mit Eindringkörper Rolle.

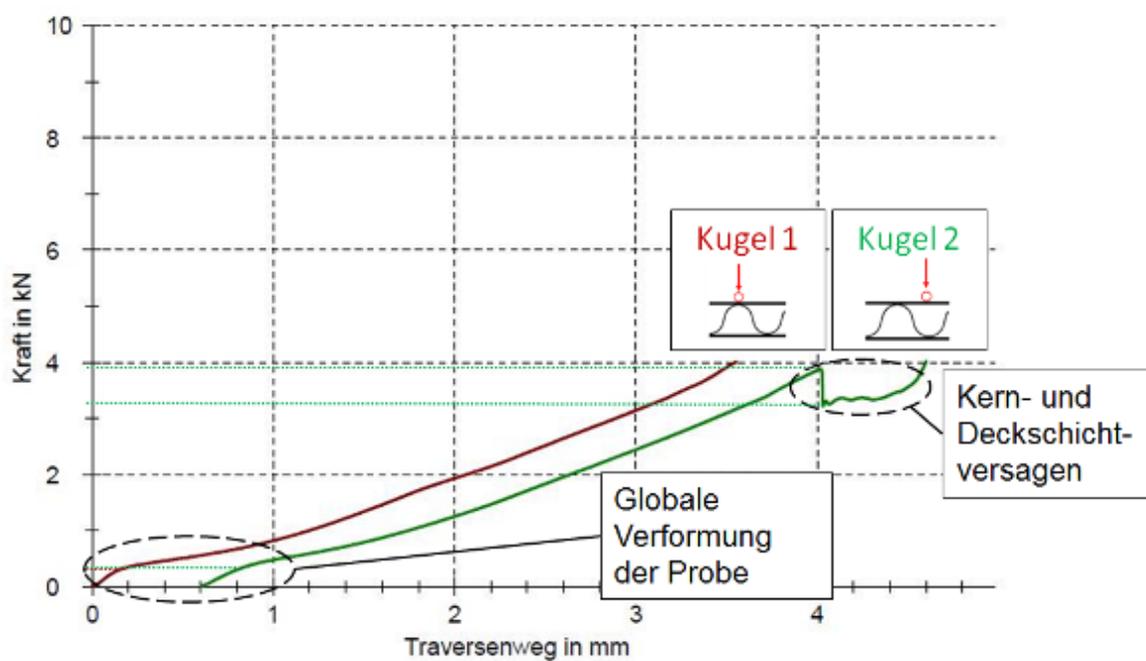


Abbildung 74: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 5

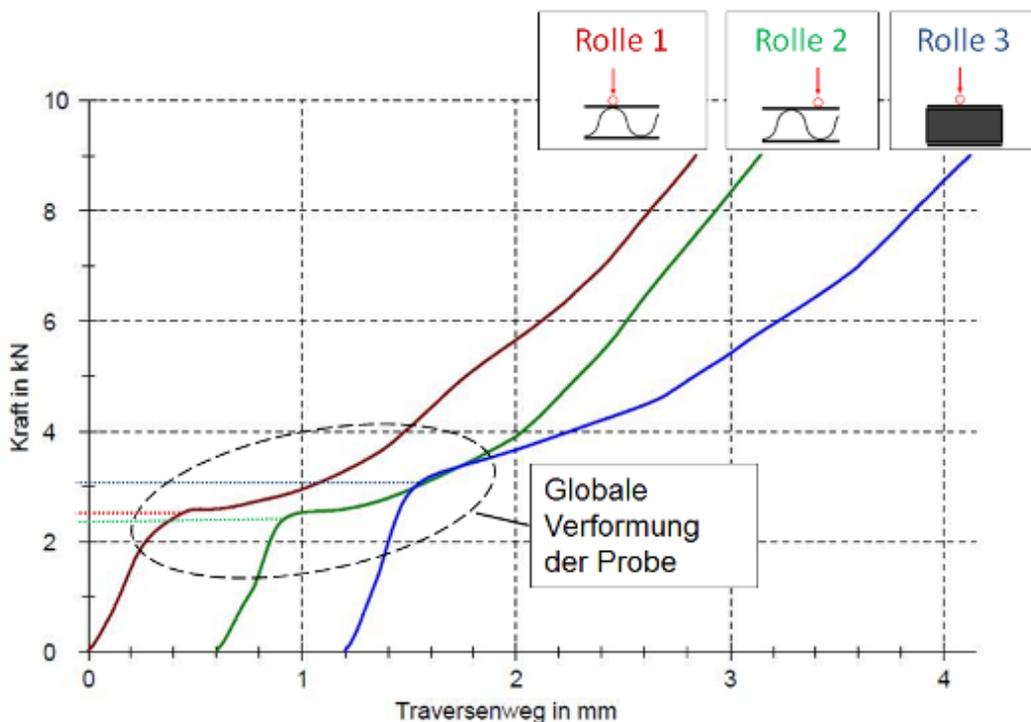


Abbildung 75: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe 5

Abbildung 76 bildet die Probe NGT 5 nach der Prüfung ab. Die Eindrücke der Testkörper sind deutlich zu erkennen.



Abbildung 76: Probe NGT 5 nach der Prüfung

3.9.1. Auswertung Probe NGT 5

Es wurde zwei Mal mit der Kugel (1. Auf der Welle, 2. neben der Welle) und drei Mal mit der Rolle (1. Auf der Welle, 2. Neben der Rolle, 3. Um 90° gedreht) auf die dünnere Deckschicht der Probe gedrückt.

Bei der Prüfung mit der Kugel als Eindringkörper ist bei einer Kraft von 0,3 kN eine Änderung der Steigung zu erkennen, was die globale Verformung der Probe kennzeichnet. Ein Kraftabfall kurz vor der maximalen Prüfkraft von 4 kN auf 3 kN, passiert bei der zweiten Prüfung mit der Kugel, was den Schluss eines

Kernversagens zulässt, welcher zu einem Kernversagen führt. Die maximale Prüflast von 4 kN wird dennoch erreicht. Die Prüfung mit der Rolle verhält sich ähnlich. Die Änderung der Steigung erfolgt hier bei einem Wert zwischen 2,4 kN und 3 kN. Allerdings kommt es hier nicht zu einem Kraftabfall, sondern die maximale Prüflast wird erreicht.

Abbildung 77 zeigt die ATOS-Messungen der Probe NGT 5. Optisch sind die Eindrücke zu erkennen, siehe Abbildung 76 und Abbildung 77. Die Tiefe dieser überschreitet die zulässigen Vorgaben, vergleiche Tabelle 24 und Tabelle 25. Die Deckschicht ist beim zweiten Kugeleindruck gerissen, was auch deutlich in der Kurve (grün), siehe Abbildung 74 zu erkennen ist.

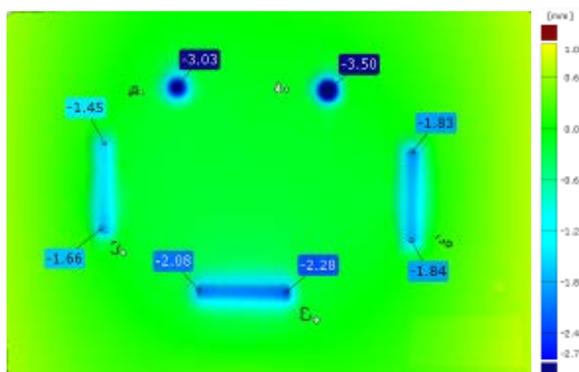


Abbildung 77: ATOS-Messung der Probe NGT 5

Tabelle 24 und Tabelle 25 fassen die Ergebnisse der Messung zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 5-1	-0,5	-3,03	-3,27
NGT 5-2		-3,5	

Tabelle 24: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 5

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 5-1	-0,25	-1,84	-1,93
NGT 5-2		-2,28	
NGT 5-3		-1,66	

Tabelle 25: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 5

3.10. Auswertung Metawell® NGT 1-5

Keine der Proben der Metawell®-Produktreihe hat die Prüfungen bestanden. Proben mit einer dickeren Deckschicht haben dabei geringe Eindringtiefen als dünnere. Die Deckschichten drücken sich zunächst ein, was zu einer globalen Verformung der gesamten Probe führt. Vereinzelt kommt es nach dem Kernversagen zu einem Deckschichtversagen. Probe 4 und 5 unterscheiden sich in ihrem Aufbau nur gering. Die globalen Abmessungen sind unterschiedlich und bei Probe NGT 4 ist eine Seite lackiert. Alle anderen Parameter wie Wellengeometrie oder Deckschicht-Dicke sind identisch. Die Dicke der Deckschichten unterscheidet sich voneinander. Probe NGT 4 wurde auf der dünneren Deckschicht und Probe NGT 5 auf der dickeren Deckschicht geprüft. Die Tiefe der Eindrücke ist bei einer dünneren Deckschicht größer, was die zuvor gemachten Ergebnisse unterstreicht.

Tabelle 26 stellt eine Übersicht der Testergebnisse dar. Die Minima sind in grün und die Maxima sind in rot dargestellt.

Nr.	Höhe [mm]	Dicke Deckschicht [mm]	Dicke Welle [mm]	Flächengewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 1	6	10	03	6.907	-0,5	-1,605
NGT 2	10	10	03	5.652		-2,46
NGT 3	10,3	08/05	03	5.148		-3,87
NGT 4	5,5	08/05	02	4.611		-2,9
NGT 5	5,5	08/05	02	4.626		-3,27

Tabelle 26: Ergebnisse Prüfung mit Eindringkörper Kugel Metawell® gesamt

Tabelle 27 stellt eine Übersicht der Testergebnisse dar. Auch hier sind die Minima in grün und die Maxima in rot dargestellt.

Nr.	Höhe [mm]	Dicke Deckschicht [mm]	Dicke Welle [mm]	Flächengewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 1	6	10	03	6.907	-0,25	-0,62
NGT 2	10	10	03	5.652		-2,38
NGT 3	10,3	08/05	03	5.148		-5,05
NGT 4	5,5	08/05	02	4.611		-2,17
NGT 5	5,5	08/05	02	4.626		-1,93

Tabelle 27: Ergebnisse Prüfung mit Eindringkörper Rolle Metawell® gesamt

Beim Metawell® zeigt sich, dass die verhältnismäßig dünnen Proben mit den dicksten Deckschichten und der dicksten Wellenstärke sowie dem höchsten Flächengewicht die geringsten Schäden aufweisen. Die dickste Probe mit einer dünneren Deckschicht hat den größten Schaden. Dies gilt sowohl für die Prüfung mit der Kugel

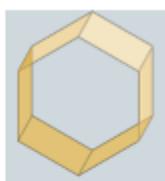
als auch der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Grund hierfür ist, dass eine engere Welle bei einer geringeren Bauteilhöhe zu einer höheren Biegesteifigkeit führt.

3.11. Proben NGT 6 bis NGT 16

Proben NGT 6 und NGT 7 sind nicht mehr vorhanden. Probe der Nummer NGT 8 bis NGT 16 waren nie vorhanden. Hier wurde eine Lücke in der Nummerierung gelassen, um ggf. weitere Proben aus Aluminium zu testen.

3.12. Proben NGT 17-22 (FVK-Deckschicht mit Kern aus Aramidwabe)

Die Proben mit der Nummer NGT 17 - NGT 22 wurden von der Firma Saertex hergestellt. Genauere Angaben zum Herstellungsprozess sind nicht bekannt. Variiert wurden die Materialien der Deckschichten (bestehend entweder aus GfK oder CfK), deren Ausrichtung ($[-0^{\circ}/-0^{\circ}]_s$ und $[-0^{\circ}/-45^{\circ}]_s$) sowie beim Wabenkern die Geometrie der Einzelwabe (fein C1-3,2-48 oder grob C1-4,8-32) und die Höhe (7,5 mm und 11 mm) des Kerns. Die Bedeutung der Waben-Bezeichnung verdeutlicht Abbildung 78. Die Buchstaben Zahlenkombination C1 kennzeichnet ein Meta-Aramidpapier C1, welches mit Phenolharz beschichtet ist. Die darauf folgende Zahl ist die Zellbreite einer Wabe in der Einheit mm. Die letzte Ziffer gibt die Dichte in kg pro m^3 an.



C1-4,8-32

- | | |
- 1. Meta-Aramid Papier C1 beschichtet mit Phenolharz
- | | |
- 2. Zellweite in mm
- |
- 3. Dichte in kg/m^3

Abbildung 78: Bezeichnung Aramid-Waben nach [25]

Die Anzahl der Decklagen ist immer 4. In einem Fall (Probe 21) wurde ein Filmkleber zur Verbindung von Kern und Deckschicht verwendet. Die Abmessungen der Proben betragen $180 \times 180 \pm 4$ mm. Die Dicke beträgt zwischen 9 und 14 mm.

3.13. Probenserie NGT 17

Abbildung 79 zeigt schematisch den Aufbau der Probe. Es sind insgesamt 6 Proben vorhanden. Die 4 Decklagen habe einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45]_s$ und bestehen aus GfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Gurit mit der Material-Bezeichnung EHG250-68-37 [10], der Faservolumengehalt beträgt 60 %. Das Flächengewicht des Prepregs wird vom Hersteller mit 495 g/m^2 angegeben. Der grobe Aramid-Wabenkern mit einer Höhe von 11 mm, welcher mit Phenolharz beschichtet ist und den Produktnamen Cormaster[®] C1 (-4,8-32) [25] trägt, hat eine Dichte von 32 kg/m^3 . Weitere Informationen können Tabelle 28 entnommen werden. Tabelle 29 zeigt alle Proben im Querschnitt. Jede Probe wurde einmal mit einer Kugel und einmal mit einer Rolle geprüft.



Abbildung 79: Querschnitts-Skizze Probe NGT 17

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 17	6	02.11.2010 (NGT 17.-2 Kugel, NGT 17-1 und NGT 17-2 Rolle) 29.08.2011	180 x 180	13.2 - 13.5	4.340

Tabelle 28: Probenserie NGT 17

Alle Proben im Querschnitt zeigt Tabelle 29.

	
<p>Abbildung 80: Probe 17-1 im Querschnitt</p>	<p>Abbildung 81: Probe 17-2 im Querschnitt</p>
	
<p>Abbildung 82: Probe 17-3 im Querschnitt</p>	<p>Abbildung 83: Probe 17-4 im Querschnitt</p>
	
<p>Abbildung 84: Probe 17-5 im Querschnitt</p>	<p>Abbildung 85: Probe 17-6 im Querschnitt</p>

Tabelle 29: Probenserie 17 im Querschnitt

Die Abbildungen der Proben nach der Prüfung fasst Tabelle 30 zusammen. Abbildung 86 und Abbildung 87 zeigen die Diagramme der Prüfungen mit Eindringkörper Kugel und Rolle.

Die Probe NGT 17-1 wurde noch einmal geprüft, es war kein Eindruck zu sehen, deshalb wurde noch einmal geprüft.

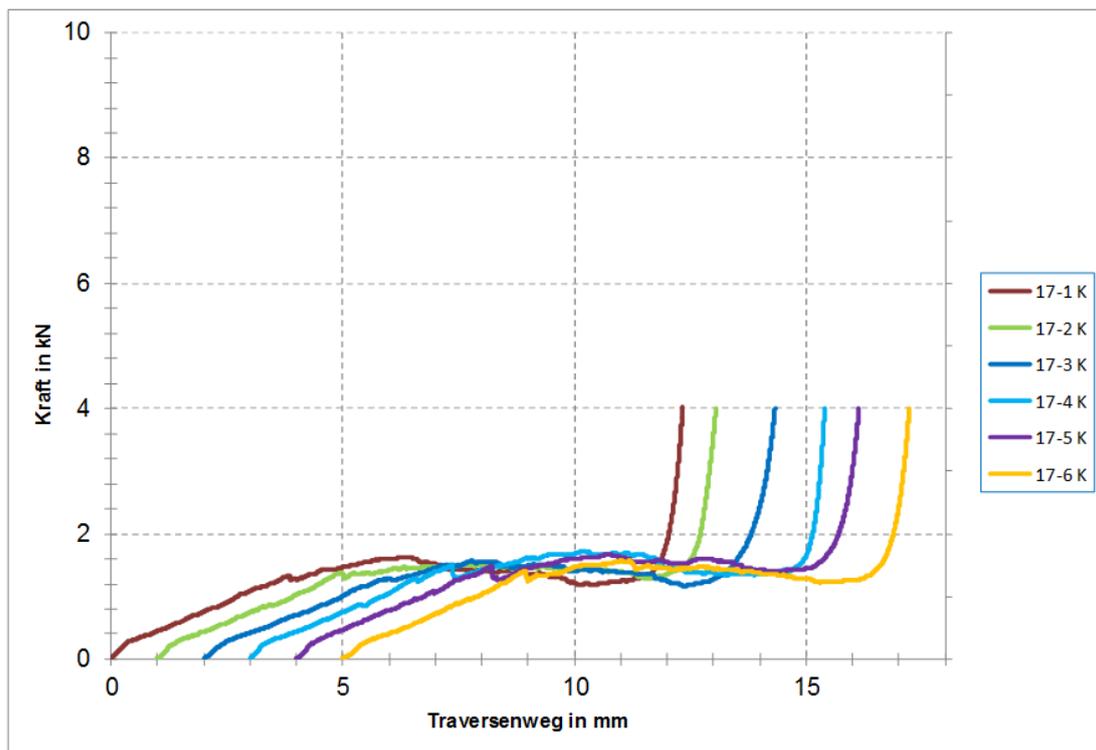


Abbildung 86: Diagramm der Prüfungen mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 17

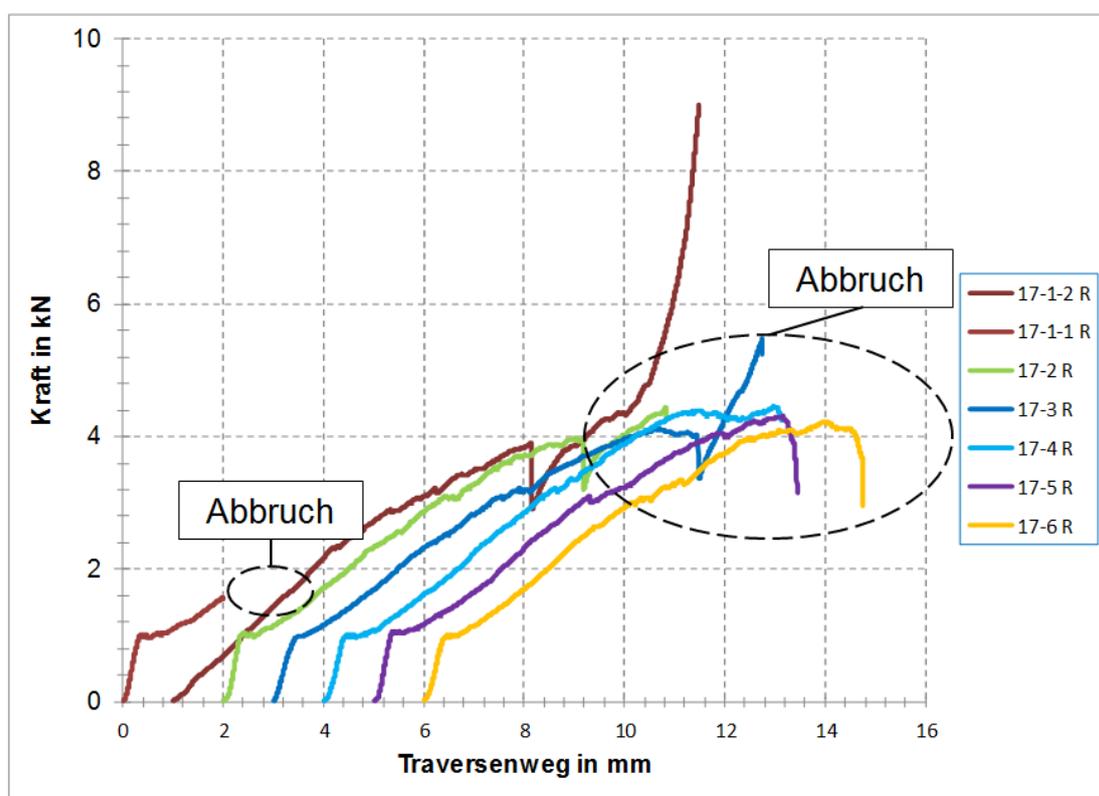


Abbildung 87: Diagramm der Prüfungen mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 17

Tabelle 30: Probenserie NGT 17 nach der Prüfung

3.13.1. Auswertung Probenserie NGT 17

Auf jede Probe wurde einmal mit einer Kugel und einmal mit einer Rolle gedrückt. Alle Testkurven der Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel sind verhältnismäßig flach, siehe Abbildung 86. Der Kurvenverlauf ist aber sehr ähnlich. Zunächst kommt es zu einem sehr kleinen Kraftabfall (ca. 1 kN). Hier wird ein Matrixversagen der Deckschicht vermutet, welcher durch ein Faserversagen angeschlossen wird. Das Versagen der Fasern macht sich durch einen zackigen Kurvenverlauf bemerkbar. Die Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle der Probe NGT 17-1 wurde am 02.10.2010 abgebrochen, es war optisch keine Beschädigung zu sehen. Daher wurde diese am

29.08.2011 noch einmal wiederholt. Allerdings erreicht nur Probe 17-6 die maximale Prüflast von 9 kN. Die Proben NGT 17-1 bis NGT 17-5 haben alle einen plötzlichen Kraftabfall bei ca. 4 kN, was auf ein Kernversagen zurückzuführen ist. Ein vorheriges Knistern bei einem gezackten Kurvenverlauf lässt auf Faserbrüche schließen. Nur die zweite Prüfung der Probe NGT 17-1 hat die maximale Prüflast erreicht, alle anderen Prüfungen wurden vorher abgebrochen.

Die ATOS-Messungen der Probenserie NGT 17 ist in Tabelle 32 dargestellt. Alle Eindringtiefen haben die maximal erlaubten Werte überschritten, vergleiche Tabelle 32 und Tabelle 33. Tabelle 31 und Tabelle 32 zeigen, dass die Risse der Deckschicht (Prüfung mit Eindringkörper Rolle) in einem 45 Grad Winkel aufeinander zulaufen.

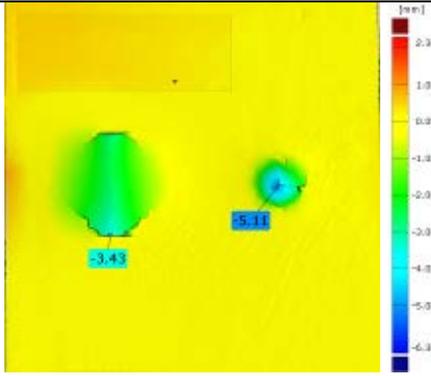
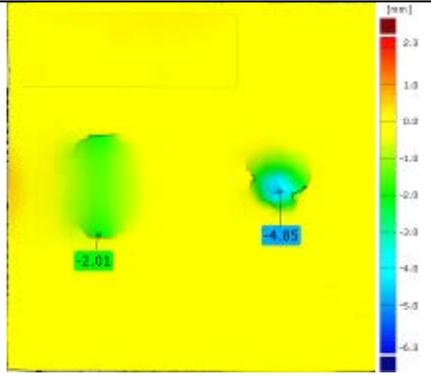
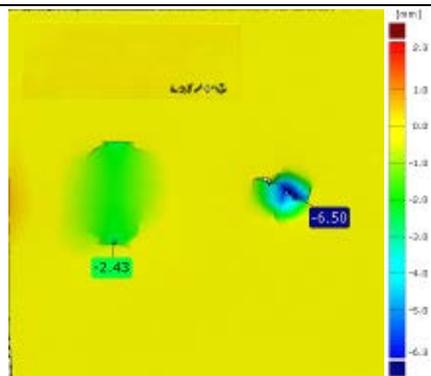
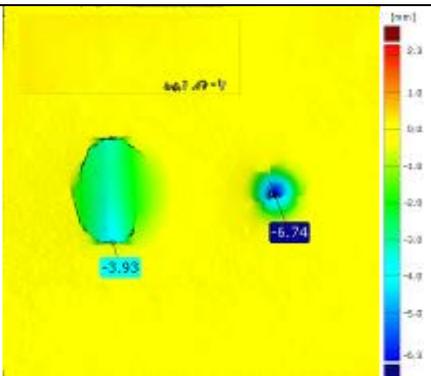
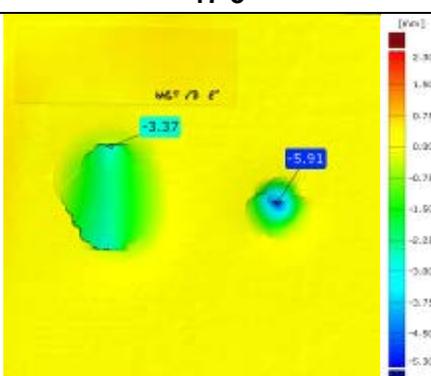
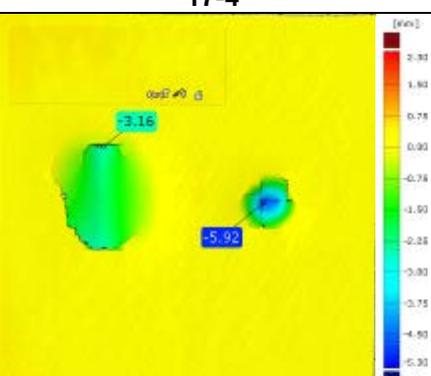
	
<p>Abbildung 94: ATOS-Messung der Probe NGT 17-1</p>	<p>Abbildung 95: ATOS-Messung der Probe NGT 17-2</p>
	
<p>Abbildung 96: ATOS-Messung der Probe NGT 17-3</p>	<p>Abbildung 97: ATOS-Messung der Probe NGT 17-4</p>
	
<p>Abbildung 98: ATOS-Messung der Probe NGT 17-5</p>	<p>Abbildung 99: ATOS-Messung der Probe NGT 17-6</p>

Tabelle 31: ATOS-Messungen der Probenserie 17

Tabelle 32 und Tabelle 33 fasst die Ergebnisse der Prüfungen zusammen. Sowohl die Tiefen des Eindringkörpers Kugel als auch des Eindringkörpers Rolle überschreiten die erlaubten Eindringtiefen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 17-1	-0,5	-5,11	-5,84
NGT 17-2		-4,85	
NGT 17-3		-6,50	
NGT 17-4		-6,74	
NGT 17-5		-5,91	
NGT 17-6		-5,92	

Tabelle 32: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 17

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 17-1	-0,25	-3,43	-3,06
NGT 17-2		-2,01 ¹¹	
NGT 17-3		-2,43 ¹²	
NGT 17-4		-3,93 ¹³	
NGT 17-5		-3,37 ¹⁴	
NGT 17-6		-3,16 ¹⁵	

Tabelle 33: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie 17

¹¹ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

¹² Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

¹³ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

¹⁴ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

¹⁵ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.14. Probenserie NGT 18

Der Aufbau der Proben ist schematisch auf Abbildung 100 dargestellt. Es sind insgesamt 4 Proben vorhanden. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-0^{\circ}]_s$ und bestehen aus GfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Gurit mit der Bezeichnung EHG250-68-37 [10] und einem Faservolumengehalt von 60 %. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 495 g/m². Es wird ein feiner Aramid-Wabenkernen mit einer Höhe von 11 mm, welcher mit Phenolharz beschichtet ist und den Produktnamen Cormaster[®] C1 (-3,2-48) trägt, verwendet. Gemäß der Materialbezeichnung beträgt die Dichte 48 kg/m³ [25]. Weitere Angaben können Tabelle 34 entnommen werden. Abbildung 100 zeigt eine schematische Querschnitts-Skizze der Probe. Tabelle 35 zeigt Aufnahmen der einzelnen Proben im Querschnitt.



Abbildung 100: Querschnitts-Skizze Probenserie NGT 18

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 18	4	02.11.2010 (NGT 18-2 Kugel, NGT 18-1 und NGT 18-2 Rolle) 29.08.2011	180 x 180	11,7 – 13,2	4.428

Tabelle 34: Probenserie NGT 18

Tabelle 35 zeigt die einzelnen Proben der Serie 18 im Querschnitt.

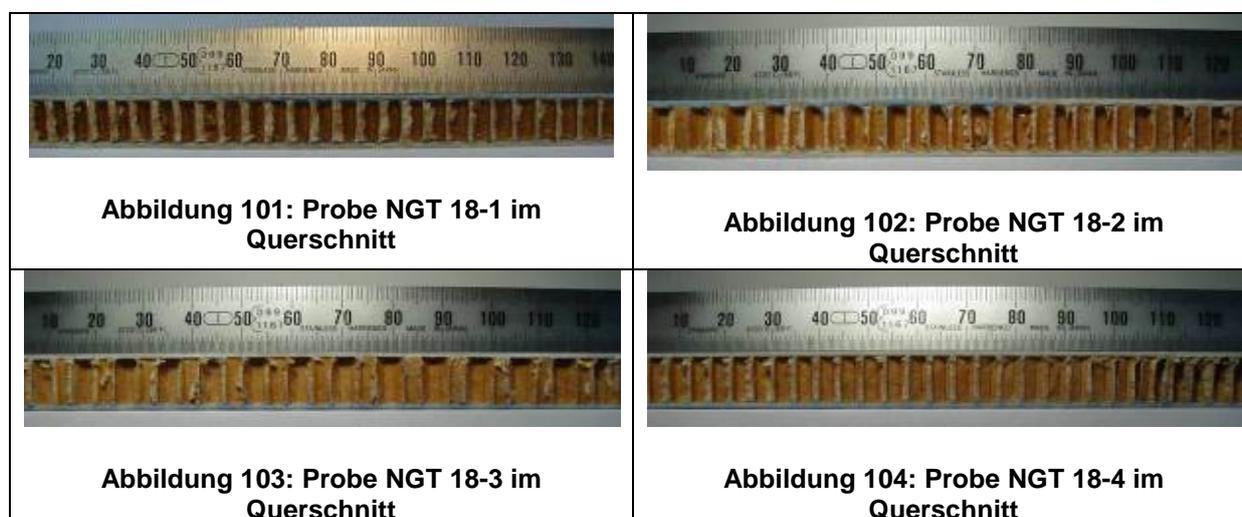


Tabelle 35: Probenserie NGT 18 im Querschnitt

Abbildung 105 und Abbildung 106 stellen die Diagramme der Prüfungen dar.

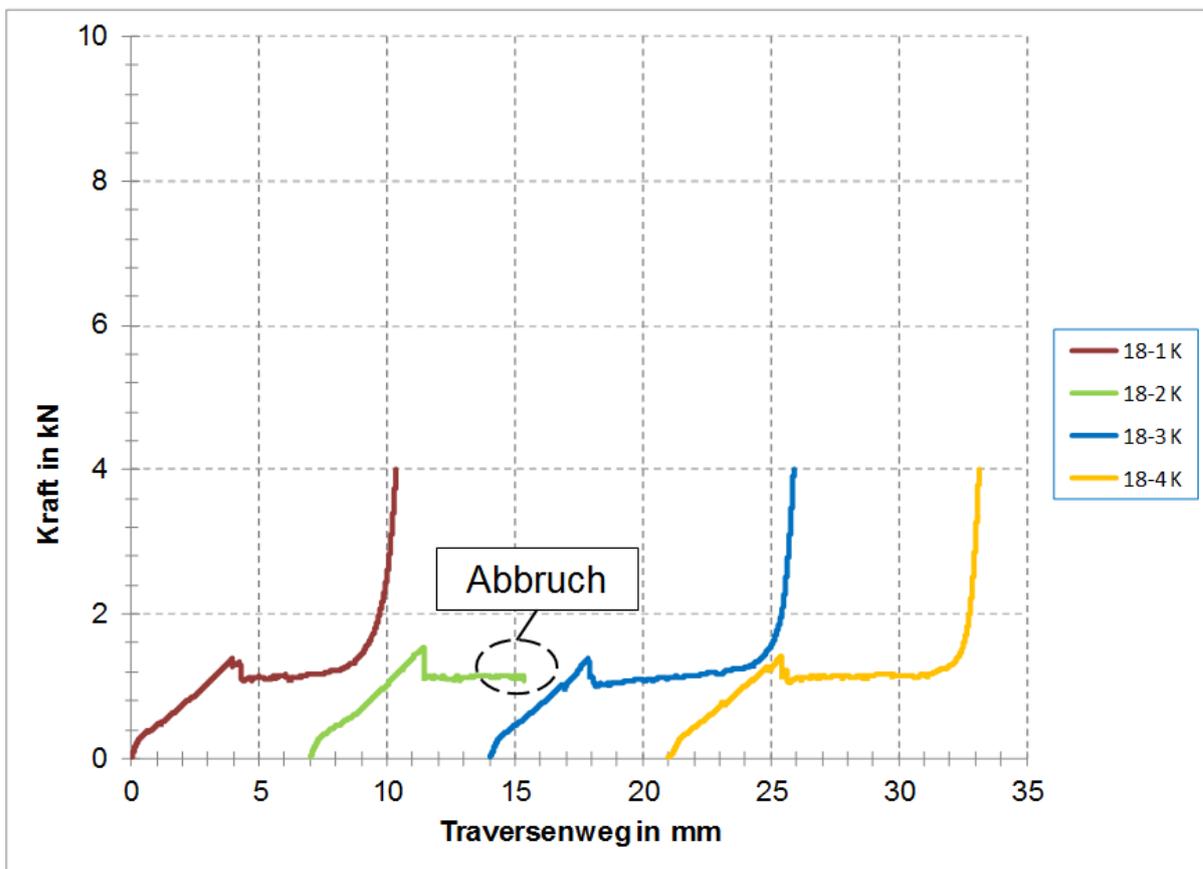


Abbildung 105: Diagramm der Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel der Probenserie Probe NGT 18

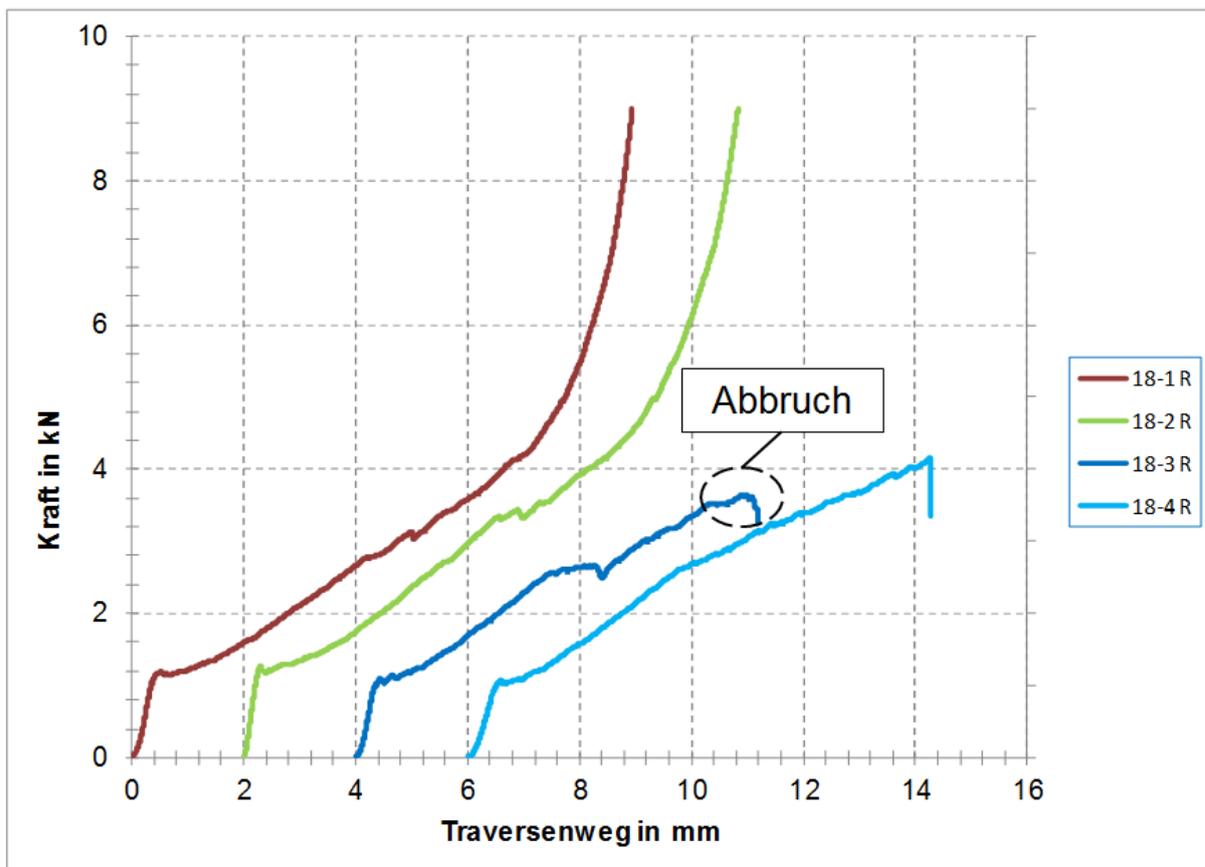


Abbildung 106: Diagramm der Prüfungen mit dem Eindringkörper Rolle der Probenserie Probe NGT 18

Tabelle 36 zeigt die Probenserie NGT 18 nach der Prüfung. Die Eindrücke sind visuell gut zu erkennen.

 <p>Abbildung 107: Probe NGT 18-1 nach der Prüfung</p>	 <p>Abbildung 108: Probe NGT 18-2 nach der Prüfung</p>
 <p>Abbildung 109: Probe NGT 18-3 nach der Prüfung</p>	 <p>Abbildung 110: Probe NGT 18-4 nach der Prüfung</p>

Tabelle 36: Probenserie NGT 18 nach der Prüfung

3.14.1. Auswertung Probenserie NGT 18

Auf jede Probe wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle gedrückt. Die Deckschichten sind sowohl durch die Kugel als auch die Rolle stark beschädigt worden, vergleiche Tabelle 36 und Tabelle 37. Eine Beschädigung von Glasfasern lässt sich durch eine milchige Färbung erkennen. Am Rollenende ist die Deckschicht gerissen, es kam demnach zu Matrix- und Faserversagen. Ähnlich wie bei Probe NGT 17 sind alle Kurvenverläufe flach, siehe Abbildung 105 (Prüfung mit Eindringkörper Kugel) sowie Abbildung 106 (Prüfung mit Eindringkörper Rolle). Die vielen Minima und Maxima der Kurven lassen auf Faserbrüche schließen. Während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel kommt es bei einem Wert von ca. 1,7 kN zu einem geringen Kraftabfall, hier wird ein Matrixbruch vermutet, welcher von Faserbrüchen gefolgt wird. Die Prüfung der Probe NGT 18-2 wurde abgebrochen, da die maximale Prüflast über einen ungewöhnlich langen Zeitraum nicht erreicht wurde. Die Kraft betrug dabei ca. 1 kN. Bei den anderen Proben der Serie (NGT 18-1, NGT 18-3 und NGT 18-4) wurde die maximale Prüflast von 4 kN aber erreicht. Bei der Prüfung mit Eindringkörper Rolle konnte bei den Proben NGT 18-1 und NGT 18-2 die maximale Prüflast erreicht werden. Zum Abbruch kam es bei den Proben NGT 18-3 und NGT 18-4 bei einem Wert von ca. 4 kN. Auch hier kommt es bei einer Kraft von ca. 1 kN zu einem geringen Kraftabfall, welcher einen Matrixbruch kennzeichnet. Die Proben haben bei der Kugel geringere Eindringtiefen als die Probe NGT 17

(vergleiche Tabelle 32 und Tabelle 38). Die mittleren Eindringtiefen bei der Rolle sind allerdings größer (vergleiche Tabelle 33 mit Tabelle 39).

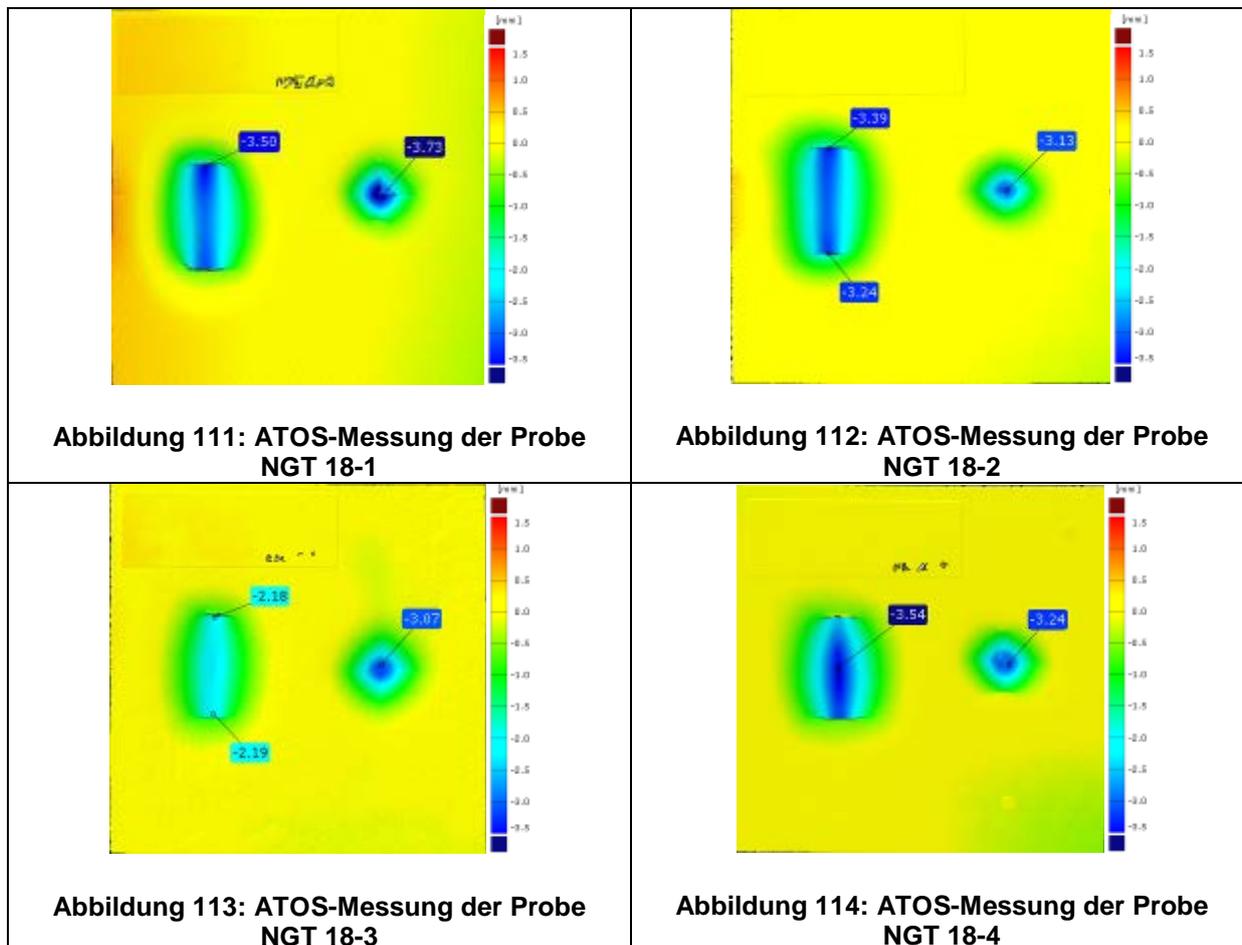


Tabelle 37: ATOS-Messungen der Probenserie 18

Tabelle 38 und Tabelle 39 fassen die Ergebnisse der Messungen zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 18-1	-0,5	-3,73	-3,79
NGT 18-2		-3,13 ¹⁶	
NGT 18-3		-3,07	
NGT 18-4		-3,24	

Tabelle 38: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 18

¹⁶ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 18-1	-0,25	-3,50	-3,16
NGT 18-2		-3,39	
NGT 18-3		-2,19 ¹⁷	
NGT 18-4		-3,54	

Tabelle 39: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie 18

¹⁷ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.15. Probe NGT 19

Der Aufbau der Proben ist schematisch auf Abbildung 115 dargestellt. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-0^{\circ}]_s$ und bestehen aus GfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Gurit der Hersteller-Bezeichnung EHG250-68-37 mit einem Faservolumengehalt von 60 % [10]. Das Flächengewicht beträgt laut Hersteller 495 g/m². Es wird ein feiner Aramid-Wabenkern mit einer Höhe von 7,5 mm, welcher mit Phenolharz beschichtet ist und den Produktnamen Cormaster[®] C1 (- 3,2-48) trägt, verwendet [25]. Es sind insgesamt 2 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 40 zu entnehmen.



Abbildung 115: Querschnitts-Skizze Probe NGT 19

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 19	2	30.08.2011 (NGT 19-1 zwei Mal Prüfung mit Eindringkörper Kugel) 02.11.2010	180 x 180	9	4.296

Tabelle 40: Probenserie NGT 19

Tabelle 41 zeigt die Proben der Serie 19 im Querschnitt.

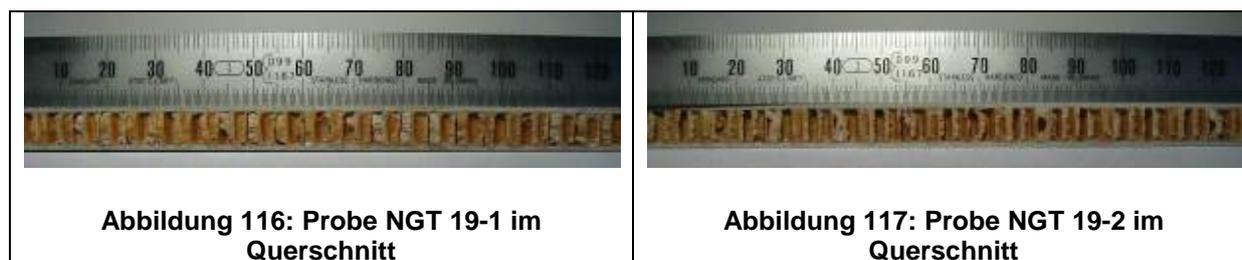


Abbildung 116: Probe NGT 19-1 im Querschnitt

Abbildung 117: Probe NGT 19-2 im Querschnitt

Tabelle 41: Probenserie NGT 19 im Querschnitt

Tabelle 42 zeigt die Probenserie NGT 19 nach der Prüfung.

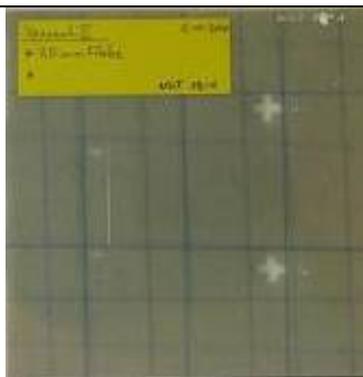


Abbildung 118: Probe NGT 19-1 nach der Prüfung

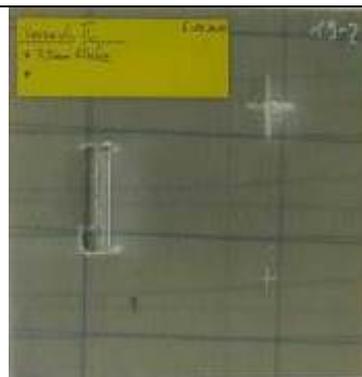


Abbildung 119: Probe NGT 19-2 nach der Prüfung

Tabelle 42: Probenserie NGT 19 nach der Prüfung

Abbildung 120 und Abbildung 121 stellt die Diagramme der Prüfungen der Probenserie NGT 19 dar.

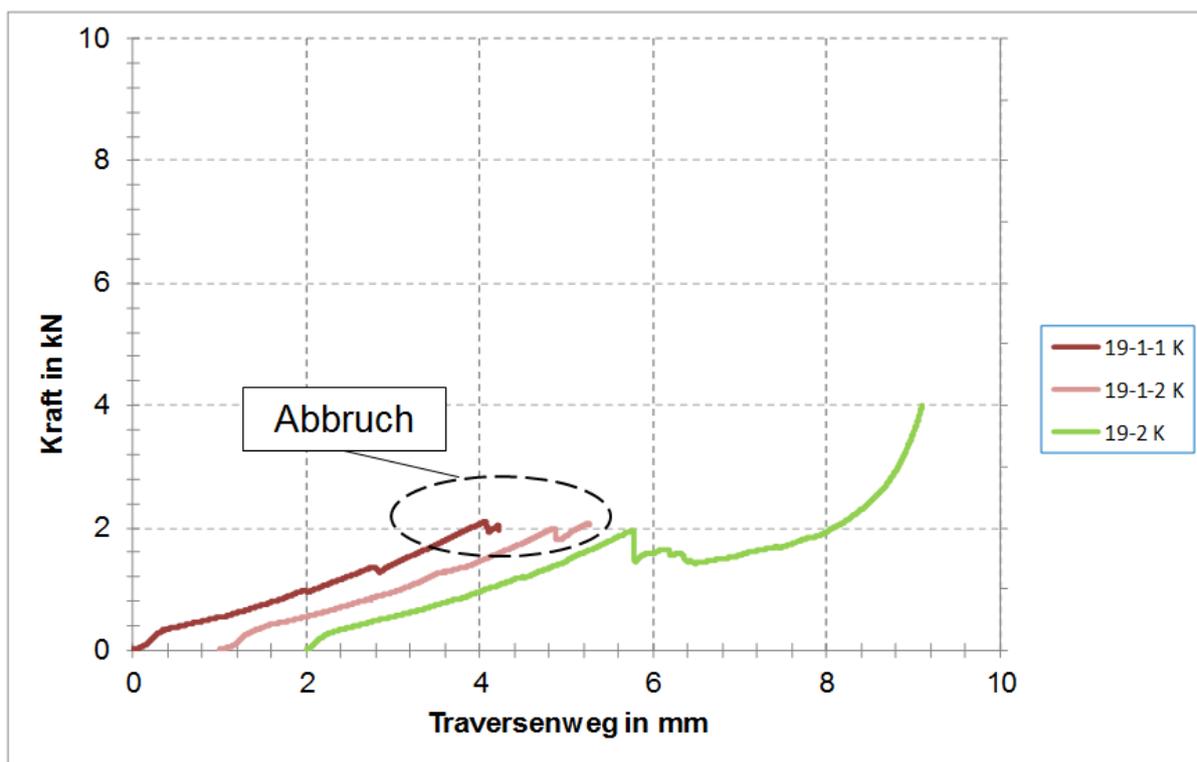


Abbildung 120: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 19¹⁸

¹⁸ Bei Probe 19-1 wurde zweimal die Prüfung mit Eindringkörper Kugel durchgeführt, siehe Abbildung 120

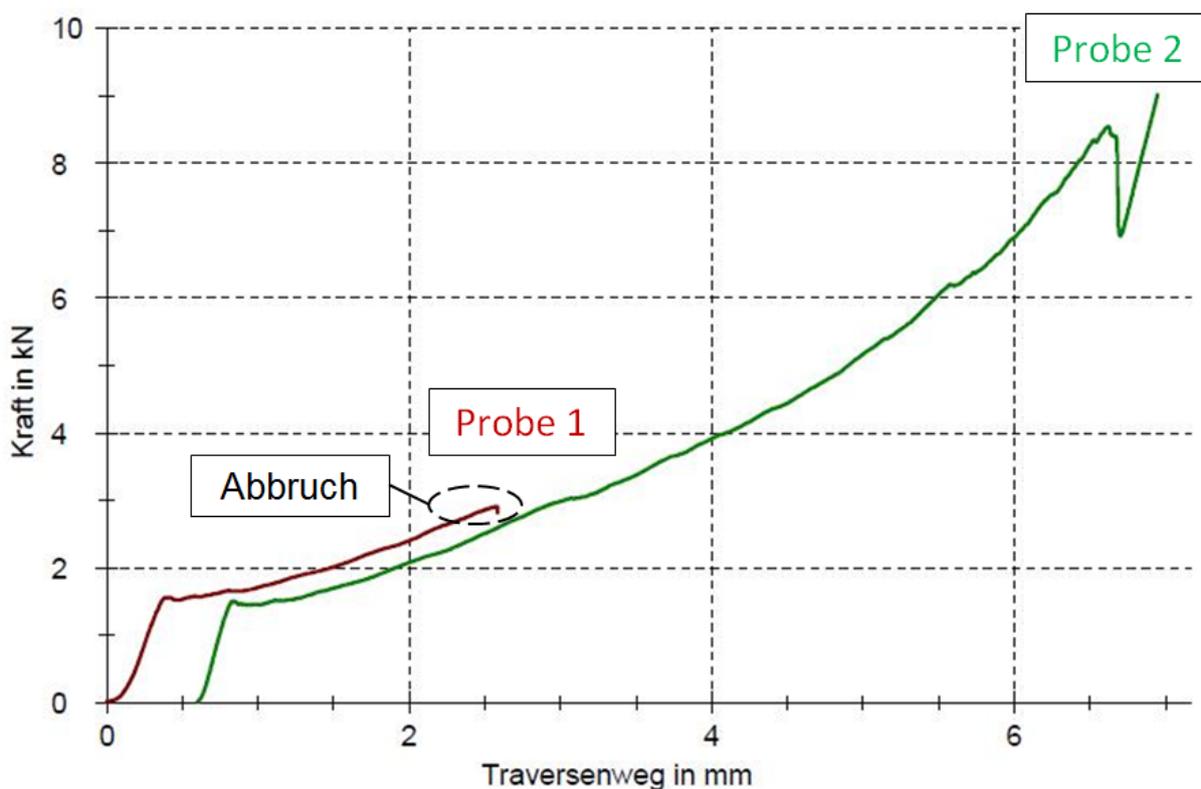


Abbildung 121: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 19

3.15.1. Auswertung Probenserie NGT 19

Insgesamt wurden 3 Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel und zwei Prüfungen mit dem Eindringkörper Rolle auf den insgesamt zwei vorhandenen Proben durchgeführt. Die Probe NGT 19-1 wurde zwei Mal mit der Kugel geprüft. Beide Male wurde diese bei ca. 2 kN abgebrochen, siehe Abbildung 120. Hier scheint sich der Kern immer weiter komprimiert zu haben. Probe NGT 19-2 wurde bis zur maximalen Prüflast von 4 kN belastet. Nach Erreichen der 2 kN kommt es zu einem relativ starken Kraftabfall von 0,5 kN, was auf ein Kernversagen schließen lässt, der von einem Versagen der Deckschicht gefolgt wird, siehe Abbildung 120. Die Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle wurde bei Probe NGT 19-1 abgebrochen, der Grund dafür ist unklar. Die zweite Prüfung der Probe NGT 19-2, siehe Abbildung 118, konnte dann bis zur maximalen Prüflast durchgeführt werden. Nach einem Matrixbruch bei etwa 1,6 kN kommt es zu Faserbrüchen und bei 8,5 kN zu einem Kernversagen, bei dem die Kraft auf unter 7 kN absinkt. Die Risse in der Deckschicht sind sowohl am Ende der Rolle mit einem Verlauf im rechten Winkel als auch in der Mitte der Rolle zu finden.

Tabelle 43 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messung, man erkennt, dass beide Proben uneben sind. Die Tiefen sind höher als erlaubt, siehe Tabelle 44 und Tabelle 45. Die geringeren Tiefen bei den Kugeleindrücken der Probe NGT 19-1 sind darin begründet, dass die maximale Prüfkraft nicht erreicht wurde.

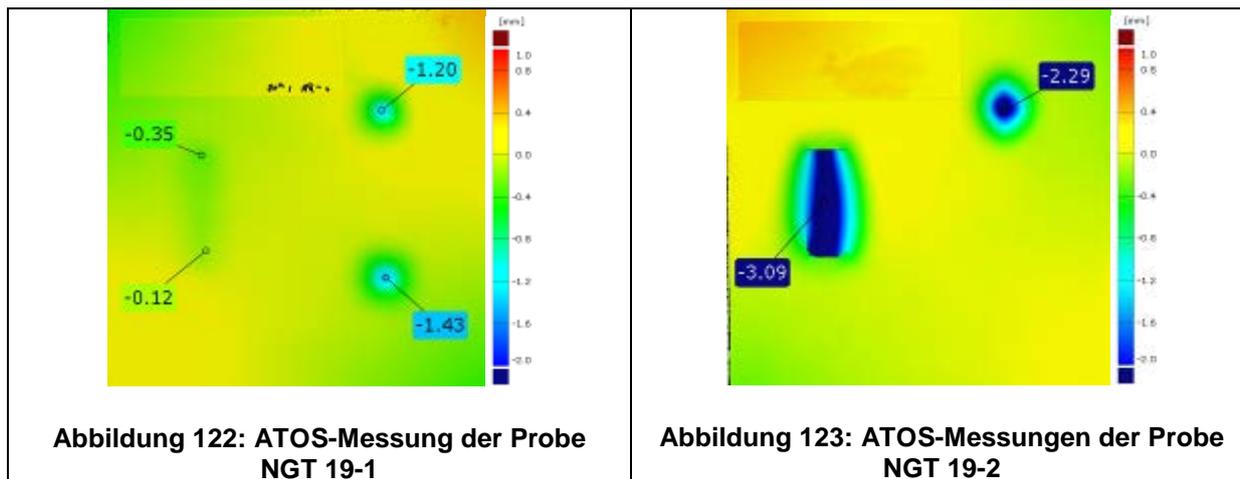


Tabelle 43: ATOS-Messungen Probenserie NGT 19

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 19-1	-0,5	-1,2 ¹⁹	-1,64
NGT 19-2		-1,43 ²⁰	
NGT 19-3		-2,29	

Tabelle 44: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 19

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 19-1	-0,25	-0,35 ²¹	-1,72
NGT 19-2		-3,09	

Tabelle 45: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 19

¹⁹ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft
²⁰ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft
²¹ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.16. Probe NGT 20

Der Aufbau der Probe ist schematisch auf Abbildung 124 dargestellt. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45^{\circ}]_s$ und bestehen aus CfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Hexcel mit der Bezeichnung HexPly 6376C-926-35 mit einem Harzanteil von 35 % bzw. einem Faservolumengehalt von 65 % [13]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 577 g/m². Der grobe Aramid-Wabenkern, welcher mit Phenolharz beschichtet ist und den Produktnamen Cormaster[®] C1 (-4,8-32) trägt, hat eine Höhe von 11 mm [25]. Es sind insgesamt 4 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 46 zu entnehmen.



Abbildung 124: Querschnitts-Skizze Probe NGT 20

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 20	4	02.11.2010 (NGT 20-2 Prüfung mit Eindringkörper Kugel und NGT 20-1- und NGT 20-2 Prüfung mit Eindringkörper Rolle) und 30.08.2011	180 x 180	12,2 – 14	4.980

Tabelle 46: Probenserie NGT 20

Tabelle 47 zeigt die einzelnen Probenserie NGT 20 im Querschnitt.

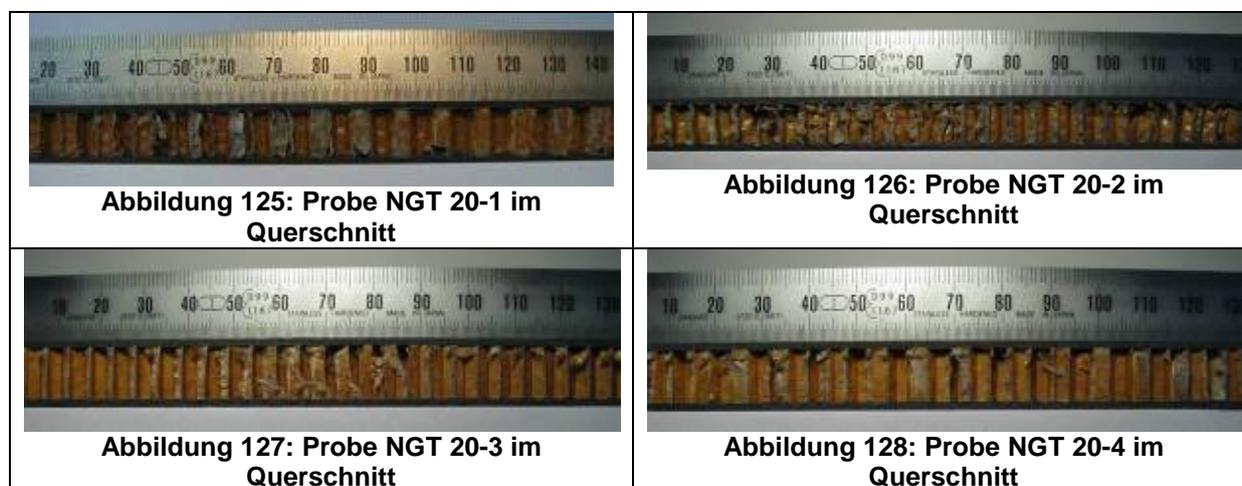


Tabelle 47: Probenserie NGT 20 im Querschnitt

Tabelle 47 zeigt die Probenserie NGT 20 nach der Prüfung. Der Schaden ist hier geringer als bei den Proben mit GfK-Deckschichten und auch optisch nicht so gut zu erkennen.

 <p>Abbildung 129: Probe NGT 20-1 nach der Prüfung</p>	 <p>Abbildung 130: Probe NGT 20-2 nach der Prüfung</p>
 <p>Abbildung 131: Probe NGT 20-3 nach der Prüfung</p>	 <p>Abbildung 132: Probe NGT 20-4 nach der Prüfung</p>

Tabelle 48: Probenserie NGT 20 nach der Prüfung

Abbildung 133 und Abbildung 134 zeigt die Diagramme der beiden Prüfungen.

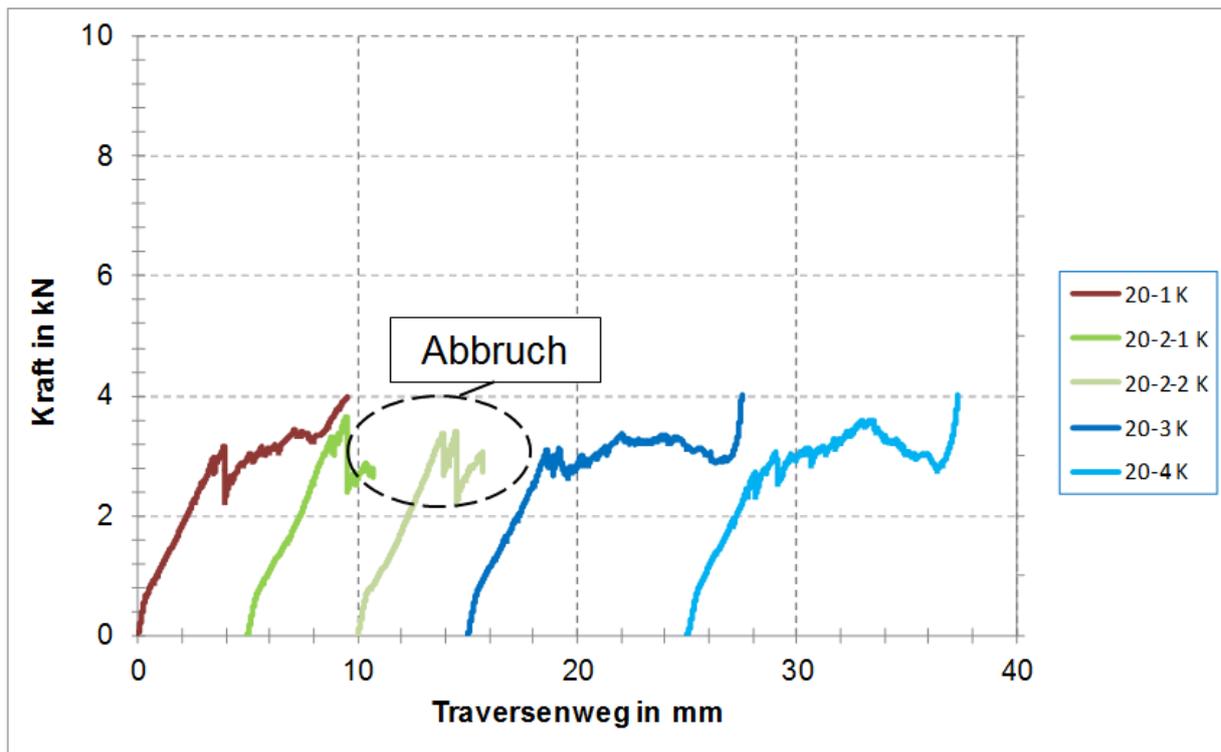


Abbildung 133: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 20

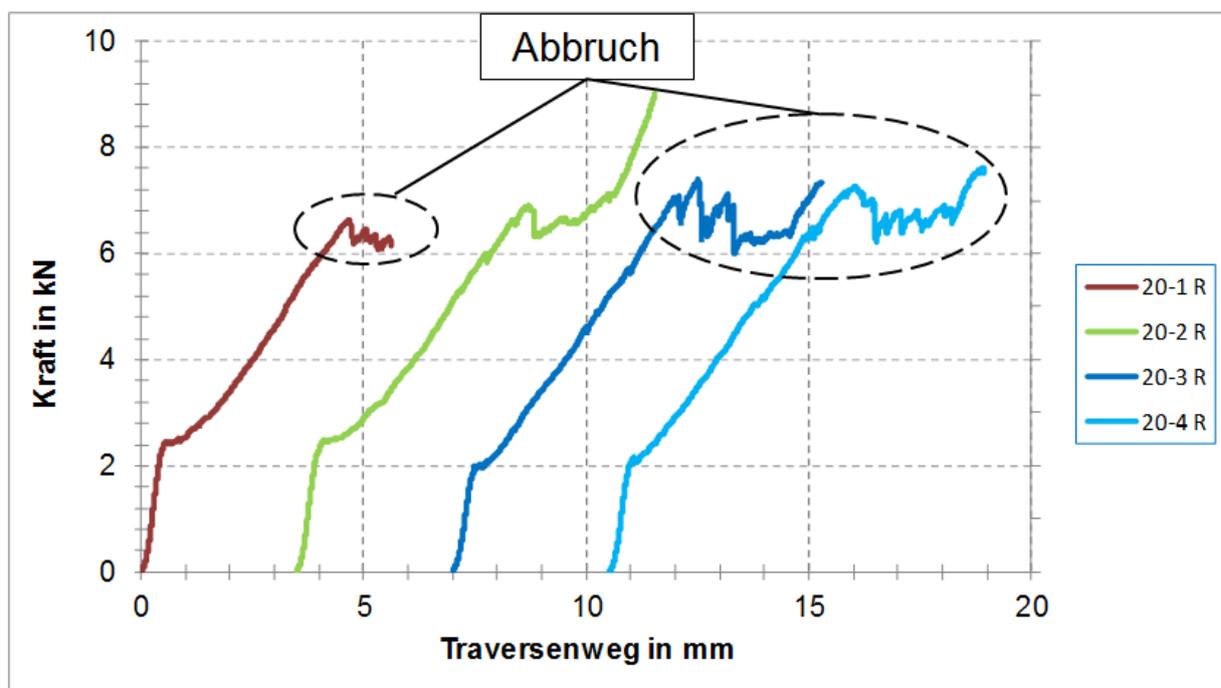


Abbildung 134: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 20

3.16.1. Auswertung Probenserie NGT 20

Insgesamt wurden 5 Prüfungen mit Eindringkörper Kugel und 4 Prüfungen mit Eindringkörper Rolle durchgeführt. Die Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 20-2 wurde zwei Mal auf zwei unterschiedlichen Bereichen der Probe ausgeführt. Beide Male wurde die Prüfung abgebrochen, da die Kraft zu stark abgefallen ist. Bei den Proben NGT 20-1, NGT 20-3 und NGT 20-4 wurde die Prüfkraft aber erreicht. Der Kurvenverlauf ist bis zu einer Kraft von ca. 3 kN sehr ähnlich.

Die maximale Prüflast der Prüfungen mit Eindringkörper Rolle wurden bei den Proben NGT 20-1, NGT 20-3 und NGT 20-4 nicht erreicht. Der relativ schnelle und große Kraftabfall bei ≈ 7 kN lässt auf ein Kernversagen schließen. Die Deckschichten sind beide Male gerissen, was Tabelle 48 und Tabelle 49 erkennen lassen.

Die Eindringtiefen, welche durch die beiden Eindringkörper verursacht wurden, fallen unterschiedlich aus, vergleiche Tabelle 50 und Tabelle 51, da nicht immer die vorgeschriebene maximale Prüflast erreicht wird. Dennoch überschreiten die Eindringtiefen die vorgeschriebenen Maximalwerte. Tabelle 49 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen, welche die Eindringtiefen besser veranschaulicht.

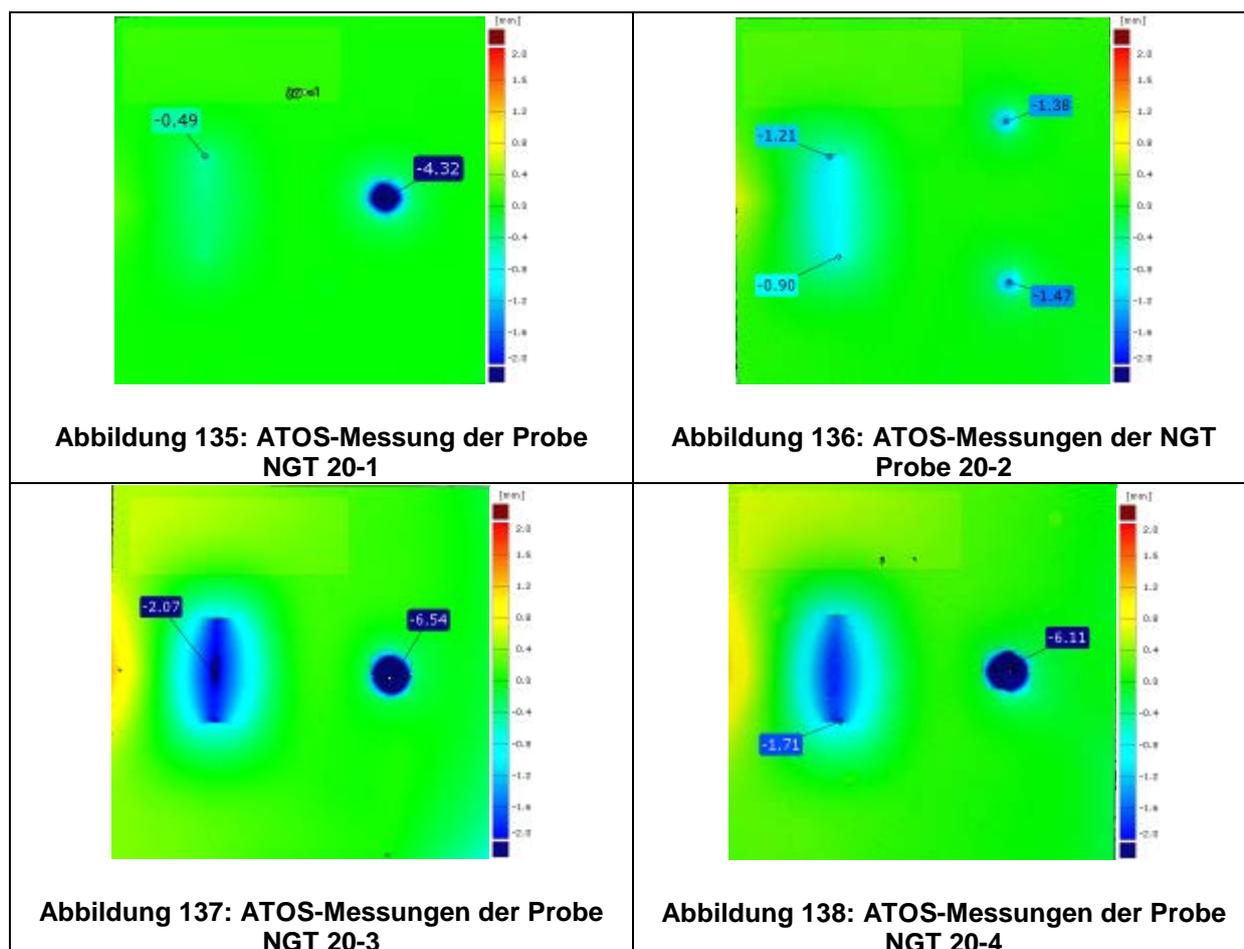


Tabelle 49: ATOS-Messungen Probenserie NGT 20

Abbildung 133 und Abbildung 134 zeigen die Diagramme der Messung von Probenserie NGT 20.

Die Ergebnisse der Messung fassen Tabelle 50 und Tabelle 51 zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 20-1	-0,5	-4,32	-3,96
NGT 20-2		-1,38 ²²	
NGT 20-3		-1,47 ²³	
NGT 20-4		-6,54	
NGT 20-5		-6,11	

Tabelle 50: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 20

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 20-1	-0,25	-0,49 ²⁴	-1,37
NGT 20-2		-1,21	
NGT 20-3		-2,07 ²⁵	
NGT 20-4		-1,71 ²⁶	

Tabelle 51: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 20

²² Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

²³ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

²⁴ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

²⁵ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

²⁶ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.17. Probe NGT 21

Der schematische Aufbau der Probe ist auf Abbildung 139 dargestellt. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45]_s$ und bestehen aus CfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Hexcel mit der Bezeichnung HexPly 6376C-926-35 mit einem Harzanteil von 35 % bzw. einem Faservolumengehalt von 65 % [13]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 577 g/m². Der grobe Aramid-Wabenkern, ist mit Phenolharz beschichtet, hat den Produktnamen Cormaster[®] C1 (-4,8-32) und ist 11 mm hoch [25]. Der Honigwabenkern und die Decklagen sind hier verklebt und nicht direkt beim Fertigungsprozess konsolidiert. Bei dem Kleber handelt es sich um einen Filmkleber, der nicht weiter definiert werden kann. Es sind insgesamt 2 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen können Tabelle 52 entnommen werden.



Abbildung 139: Querschnitts-Skizze Probe NGT 21

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung g [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 21	2	30.08.2011(NGT 21-1 Prüfung mit Eindringkörper Kugel) und 02.11.2010	180 x 180	13,8	5.162

Tabelle 52: Probenserie NGT 21

Tabelle 53 zeigt die Probenserie NGT 21 im Querschnitt.



Abbildung 140: Probe NGT 21-1 im Querschnitt



Abbildung 141 Probe NGT 21-2 im Querschnitt

Tabelle 53: Probenserie NGT 21 im Querschnitt

Die Probenserie NGT 21 nach der Prüfung sind in Tabelle 54 zusehen.

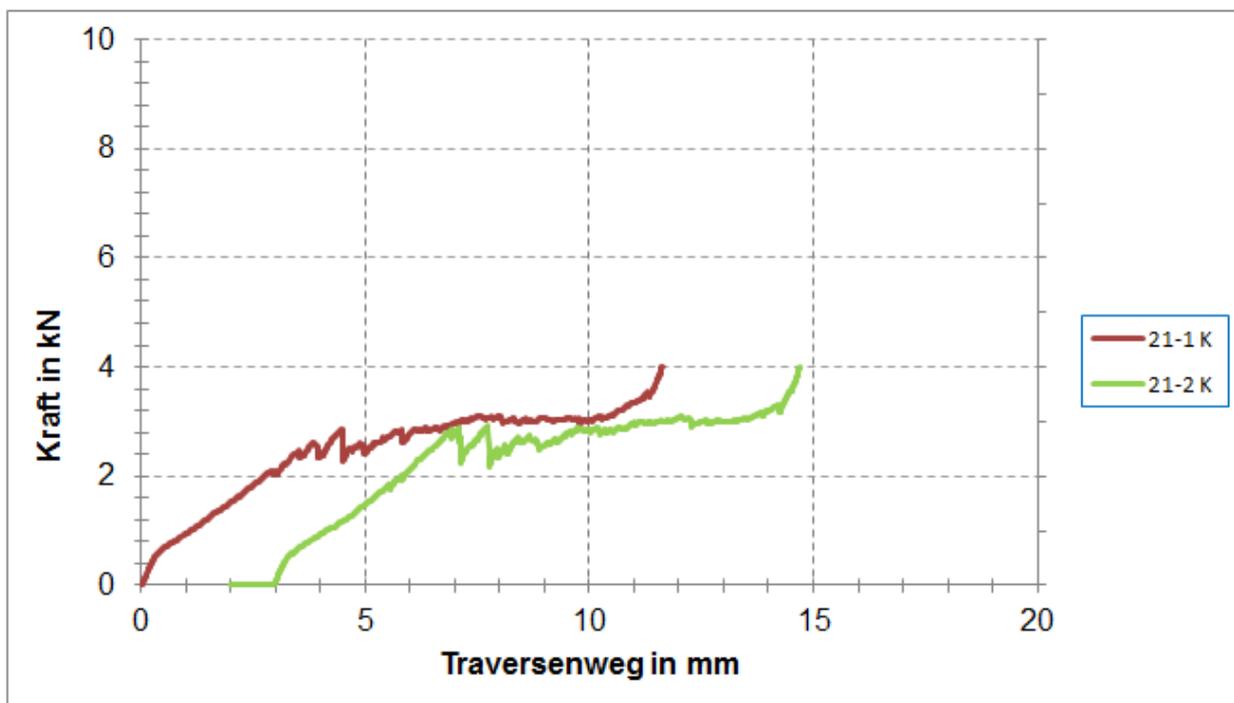


Abbildung 142: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 21

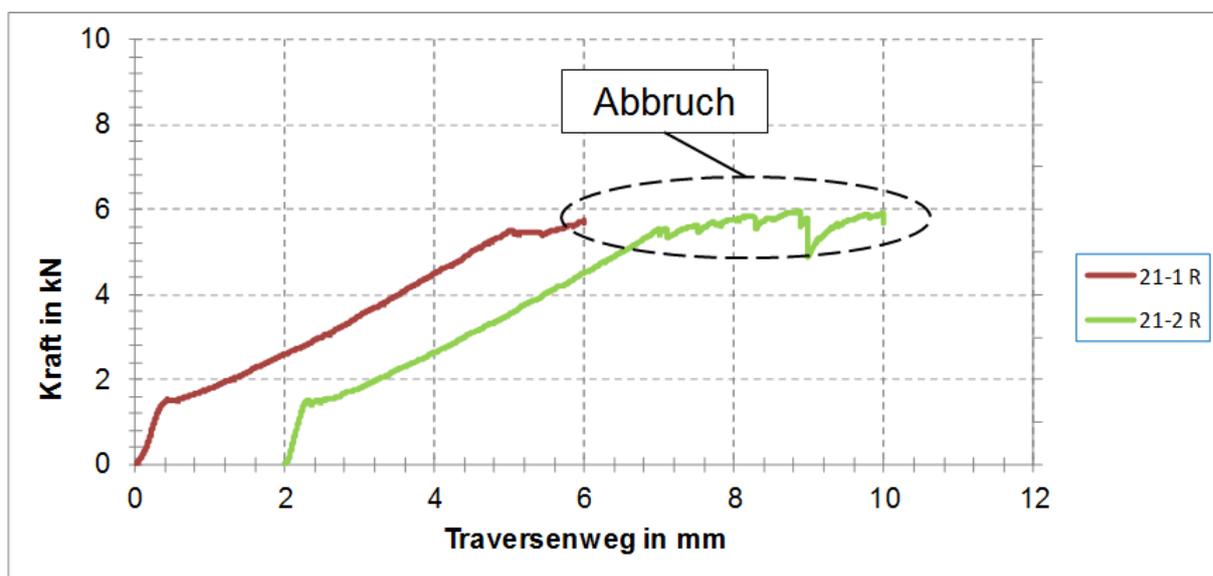


Abbildung 143: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 21

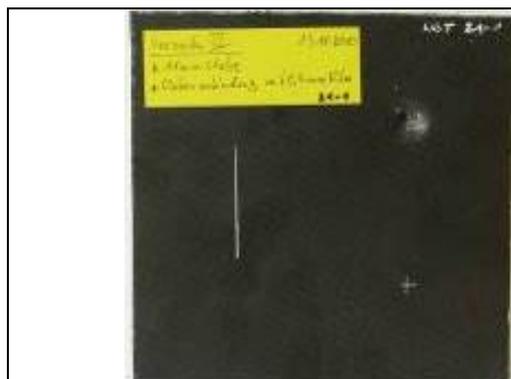


Abbildung 144: Probe NGT 21-1 nach der Prüfung



Abbildung 145: Probe NGT 21-2 nach der Prüfung

Tabelle 54: Probenserie NGT 21 nach der Prüfung

3.17.1. Auswertung der Probenserie NGT 21

Insgesamt 2 Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel und dem Eindringkörper Rolle wurden durchgeführt. Abbildung 142 zeigt die Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel, die Kurvenverläufe ähneln sich. Die maximale Prüflast von 4 kN wird erreicht. Nach einem Kernversagen bei ca. 2,5 kN tritt Deckschichtversagen auf. Bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle wird beide Male die maximale Prüflast von 9 kN nicht erreicht.

Tabelle 55 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messung von Probenserie 21. Hier werden die deutlich geringeren Eindrücke durch die Kugel der Probe NGT 21-1 veranschaulicht.

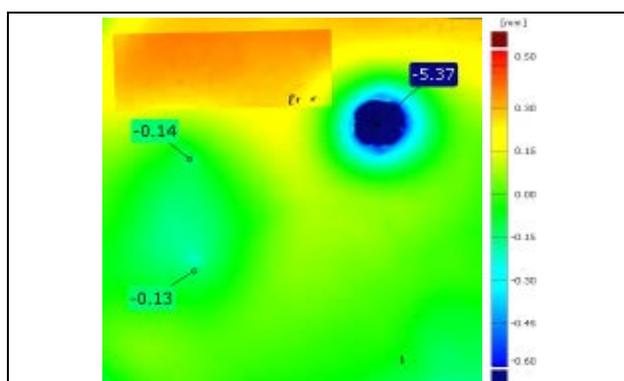


Abbildung 146: ATOS-Messung der Probe NGT 21-1

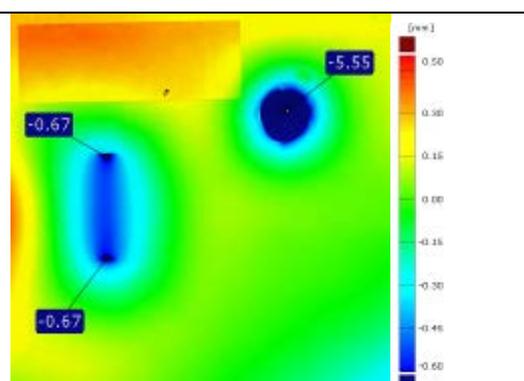


Abbildung 147: ATOS-Messung der Probe NGT 21-2

Tabelle 55: ATOS-Messungen Probenserie NGT 21

Die Ergebnisse der Messungen sind Tabelle 56 und Tabelle 57 zu entnehmen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 21-1	-0,5	-5,37	-5,46
NGT 21-2		-5,55	

Tabelle 56: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 21

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 21-1	-0,25	-0,14 ²⁷	-0,41
NGT 21-2		-0,67 ²⁸	

Tabelle 57: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probenserie NGT 21

²⁷ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

²⁸ Abbruch der Prüfung vor Erreichen der maximalen Prüfkraft

3.18. Probe NGT 22

Der Aufbau der Probe ist schematisch mithilfe Abbildung 148 dargestellt. Die 4 Decklagen habe einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45]_s$ und bestehen aus CfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Hexcel mit der Bezeichnung HexPly 6376C-926-35 mit einem Harzanteil von 35 % bzw. einem Faservolumengehalt von 65 % [13]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 577 g/m². Der feine Aramid-Wabenkern, welcher mit Phenolharz beschichtet ist, trägt den Produktnamen Cormaster[®] C1 (-3,2-48) [25] und hat eine Höhe von 7,5 mm. Es ist eine Probe dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 58 zu entnehmen.



Abbildung 148: Querschnitts-Skizze Probe NGT 22

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 22	1	02.11.2010	180 x 180	10	4.890

Tabelle 58: Probe NGT 22

Abbildung 149 zeigt die Probe NGT 22 im Querschnitt.



Abbildung 149: Probe NGT 22-1 im Querschnitt

Abbildung 152 zeigt die Probe nach der Prüfung. Optisch ist der Eindruck nur schwer zu erkennen.

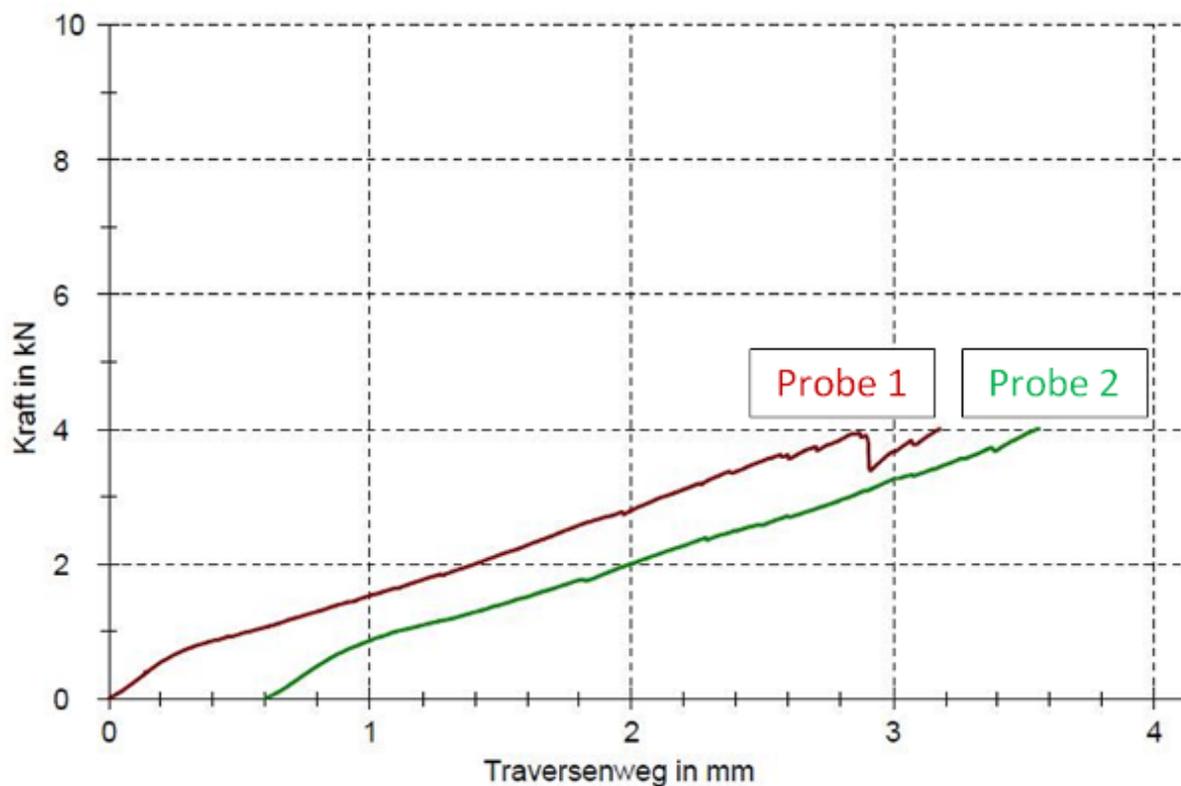


Abbildung 150: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 22

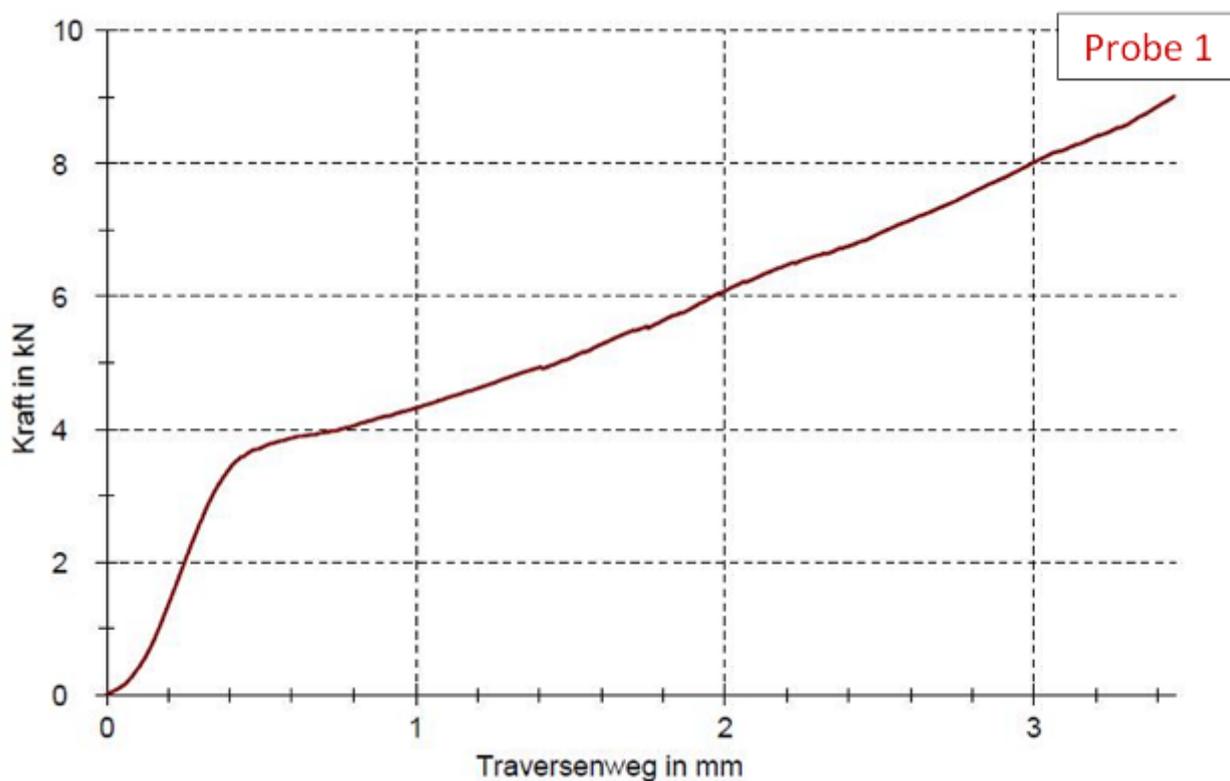


Abbildung 151: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 22



Abbildung 152: Probe NGT 22 nach der Prüfung

3.18.1. Auswertung der Probe NGT 22

Bei dieser Probe wurde zwei Mal mit einer Kugel und einmal mit einer Rolle auf die Probe gedrückt. Der Kurvenverlauf der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel lässt auf ein Versagen hindeuten. Allerdings ist optisch kein Schaden der Deckschicht zu erkennen. Daher wird angenommen, dass der Kern versagt hat.

Abbildung 153 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messung. Die Prüfungen gelten bei diesen Werten als bestanden. Allerdings müssten hier noch weitere Prüfungen durchgeführt werden, um sicher zu gehen, dass dieses Material wirklich geeignet ist.

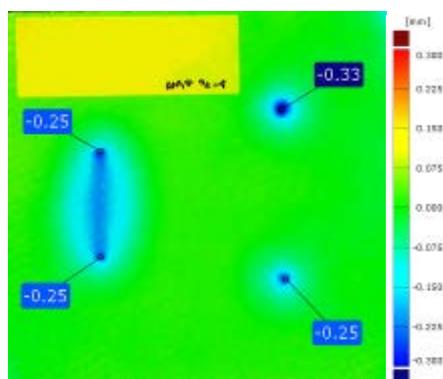


Abbildung 153: ATOS-Messung der Probe 22

Abbildung 150 und Abbildung 151 zeigen die Diagramme der Versuche der Probe 22. Tabelle 59 und Tabelle 60 fasst die Ergebnisse der Prüfung mit Eindringkörper Kugel und Rolle der Probe NGT 22 zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-0,33	-0,29
2		-0,25	

Tabelle 59: Daten Eindringtiefe Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 22

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	-0,25	-0,25

Tabelle 60: Daten Eindringtiefe Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 22

Auswertung Proben mit Aramidkern NGT 17- NGT 22

Die Tabelle 61 und

Tabelle 62 fassen die Ergebnisse der Sandwichproben mit einem Kern aus Aramid zusammen.

Nr.	Höhe [mm]	Material Decklage	Höhe Kern [mm]	Grob/fein	Flächengewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 17	13,2-13,5	GfK	11	grob	4.340	-0,5	-5,84
NGT 18	11,7-13,2	GfK	11	fein	4.428		-3,29
NGT 19	9	GfK	7,5	fein	4.296		-1,64
NGT 20	12,2-14	CfK	11	grob	4.980		-3,96
NGT 21	13,8	CfK	11	grob	5.162		-5,46
NGT 22	10	CfK	7,5	fein	4.890		-0,29

Tabelle 61: Gesamtergebnisse Sandwich-Proben mit Aramidkern geprüft mit Eindringkörper Kugel

Nr.	Höhe [mm]	Material Decklage	Höhe Kern [mm]	Grob/fein	Flächengewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 17	13,2-13,5	GfK	11	grob	4.340	-0,25	-3,06
NGT 18	11,7-13,2	GfK	11	fein	4.428		-3,16
NGT 19	9	GfK	7,5	fein	4.296		-1,72
NGT 20	12,2-14	CfK	11	grob	4.980		-1,37
NGT 21	13,8	CfK	11	grob	5.162		-0,41
NGT 22	10	CfK	7,5	fein	4.890		-0,25

Tabelle 62: Gesamtergebnisse Sandwich-Proben mit Aramidkern geprüft mit Eindringkörper Rolle

Wie zu erwarten sind vor allem Honigwaben für die beim Test auftretenden Lasten nicht geeignet. Die Stege der Honigwaben versagen bei den auftretenden punktuellen Lasten.

3.19. Proben NGT 23- NGT 29 (FVK, Balsa)

Das Balsaholz wurde von der Firma Balsatec bezogen. Die Materialdaten sind den Datenblättern zu entnehmen [26]. Auch diese Proben wurden von der Firma Saertex hergestellt.

3.20. Probenserie NGT 23

Der Aufbau der Probe ist schematisch auf Abbildung 154 dargestellt. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45]_s$ und bestehen aus CfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Hexcel mit der Bezeichnung HexPly 6376C-926-35 mit einem Harzanteil von 35 % bzw. einem Faservolumengehalt von 65 % [13]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 577 g/m². Der Kern ist aus Balsaholz und hat eine Höhe von 20 mm. Es sind insgesamt noch 3 von 4 Proben dieses Aufbaus im Institut vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 63 zu entnehmen.



Abbildung 154: Querschnitts-Skizze Probe NGT 23

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 23	3 (4) ²⁹	02.11.2010	180 x 180	21,5 – 22,4	7.575

Tabelle 63: Probenserie NGT 23

Tabelle 64 zeigt die Probenserie NGT 23 im Querschnitt.

²⁹ Die Probe der Nummer 23-1 wurde nach der Prüfung direkt an Saertex zurück gegeben

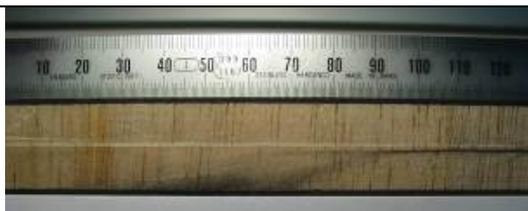


Abbildung 155: Probe NGT 23-2 im Querschnitt



Abbildung 156: Probe NGT 23-3 im Querschnitt

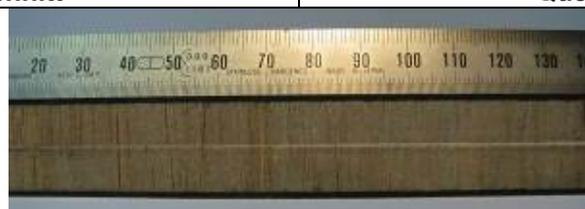


Abbildung 157: Probe 23-4 im Querschnitt

Tabelle 64: Probenserie NGT 23 im Querschnitt

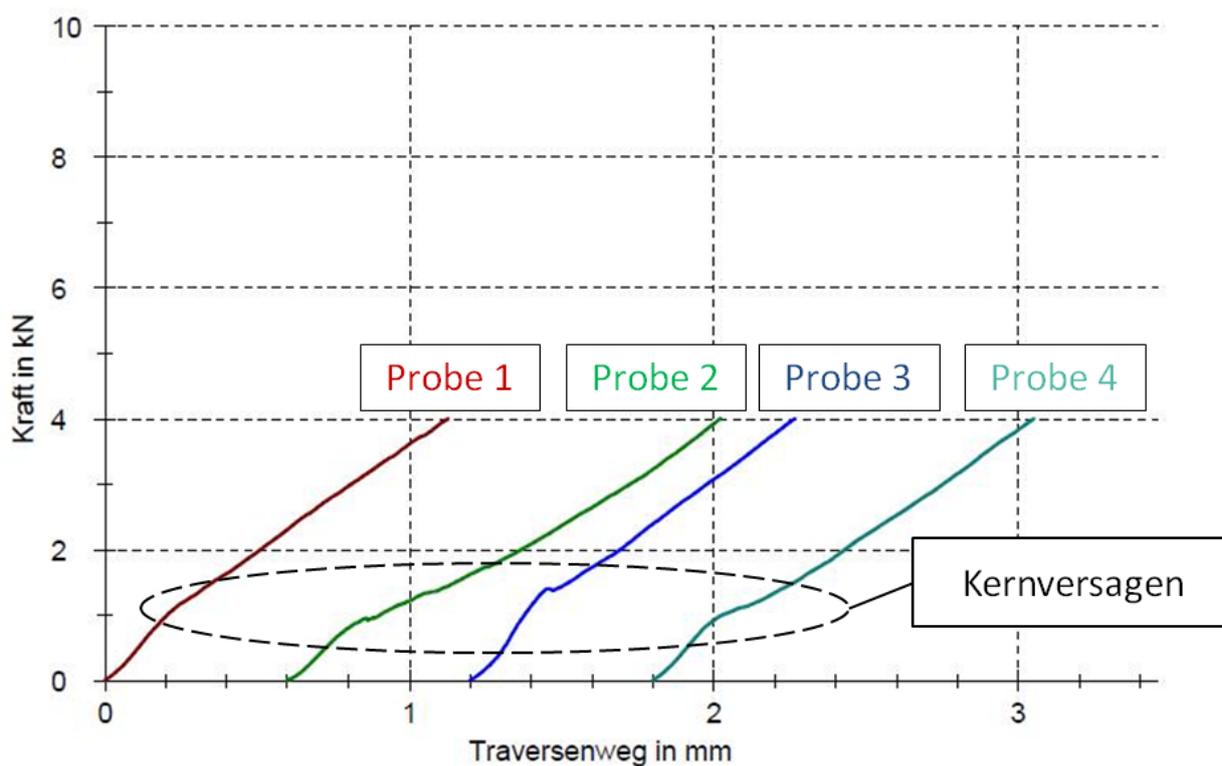


Abbildung 158: Ergebnis Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probe NGT 23

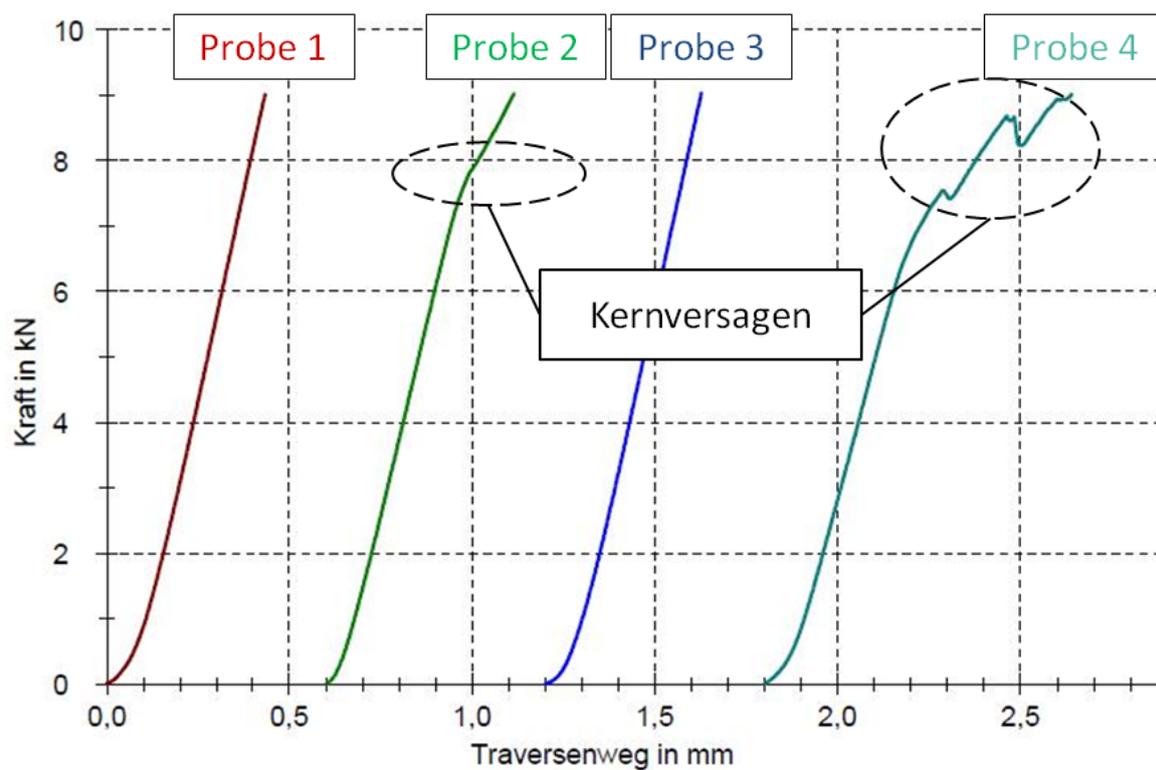


Abbildung 159: Ergebnis Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 23

Die Probenserie NGT 23 nach der Prüfung sind in Tabelle 65 zu entnehmen.

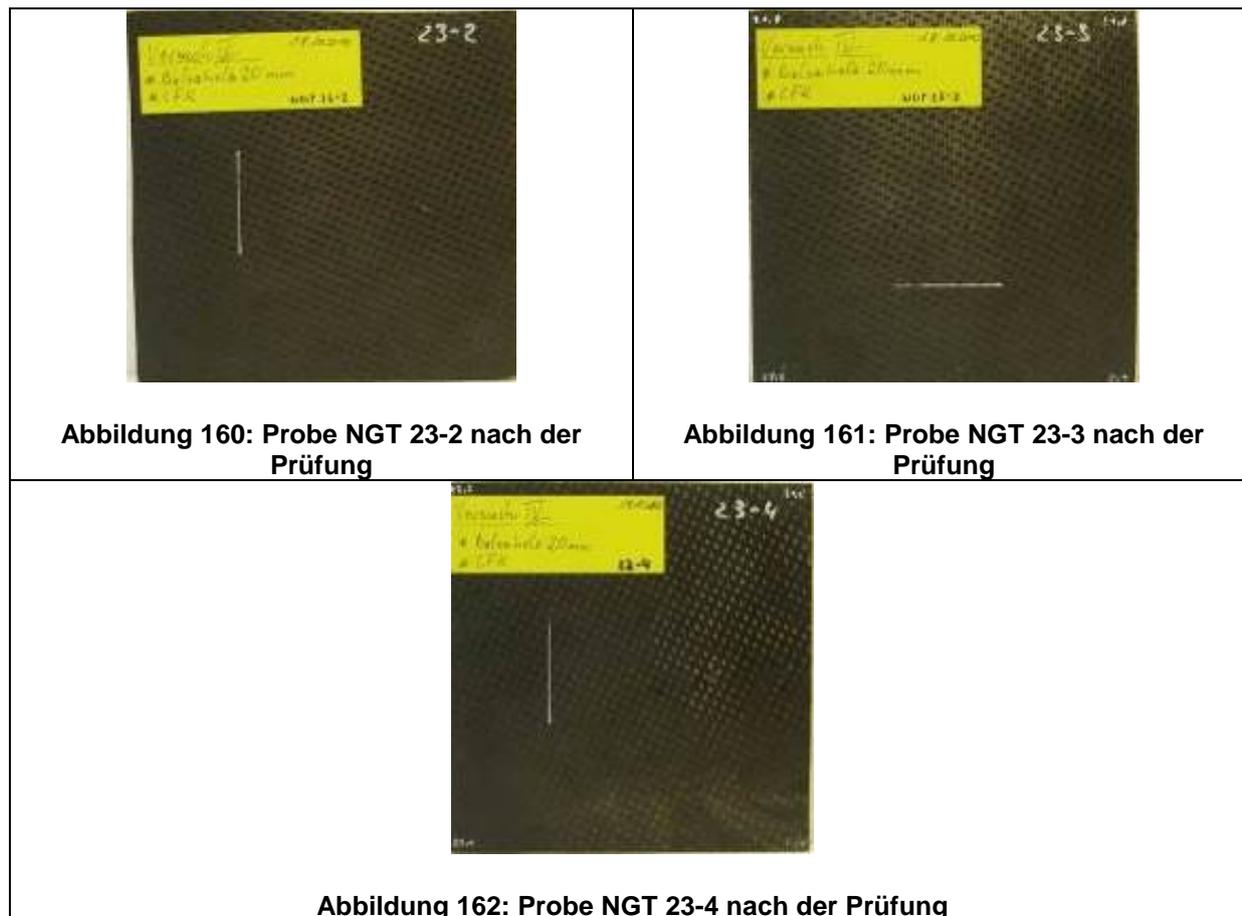


Tabelle 65: Probenserie NGT 23 nach der Prüfung

3.20.1. Auswertung Probenserie NGT 23

Insgesamt wurde auf jede der 4 Proben einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle gedrückt. Alle Prüfungen wurden bis zum Erreichen der maximalen Prüflast durchgeführt. Ein Schaden der Deckschicht ist optisch nicht zu erkennen. Daher wird ein Kernversagen bei allen vier Proben vermutet, welche mit der Kugel als Eindringkörper geprüft worden sind. Bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel wird nur bei der Probe NGT 23-1 und NGT 23-2 ein Kernversagen vermutet.

Tabelle 66 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen. Die Eindringtiefen liegen unter den maximal erlaubten. Die Tests gelten als bestanden.

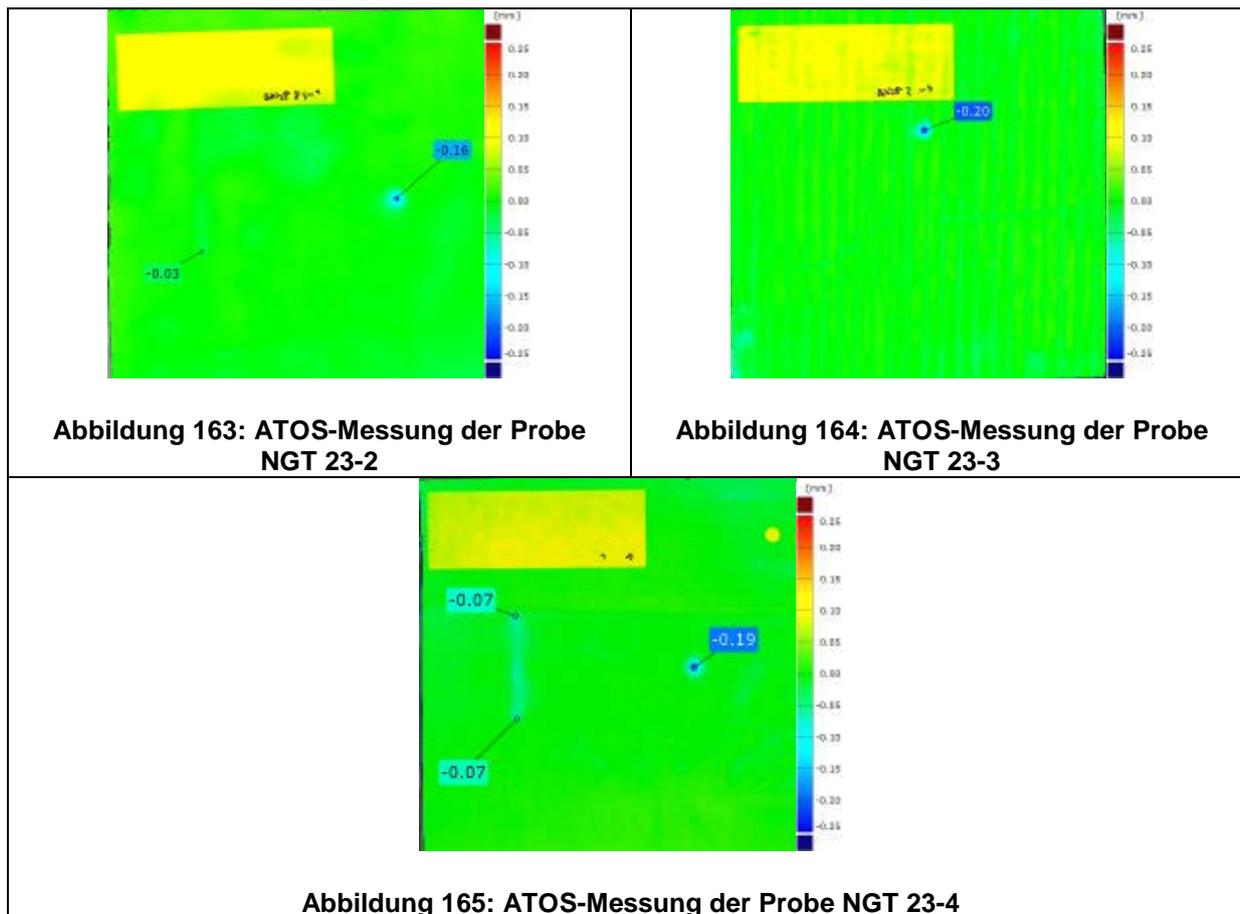


Tabelle 66: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 23

Tabelle 67 und Tabelle 68 fasst die Ergebnisse der Messung zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-0,16	-0,14
2		-0,2	
3		-0,19	

Tabelle 67: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 23

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	-0,03	-0,03
2		0,00	
3		-0,07	

Tabelle 68: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 23

3.21. Probenserie NGT 24

Der Aufbau der Probe ist schematisch auf Abbildung 166 dargestellt. Die 4 Decklagen haben einen symmetrischen Aufbau $[-0^{\circ}/-45]_s$ und bestehen aus GfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Gurit mit der Bezeichnung EHG250-68-37 mit einem Faservolumengehalt von 60 % [10]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 495 g/m². Weitere Informationen sind Tabelle 69 zu entnehmen. Der Kern ist aus Balsaholz und hat eine Höhe von 20 mm. Es sind insgesamt 3 von 4 Proben dieses Aufbaus noch im Institut vorhanden.



Abbildung 166: Querschnitts-Skizze Probe 24

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 24	3 (4) ³⁰	02.11.2010	20,5 – 21,5	7.016

Tabelle 69: Probenserie NGT 24

Tabelle 70 zeigt die Probenserie NGT 24 im Querschnitt.

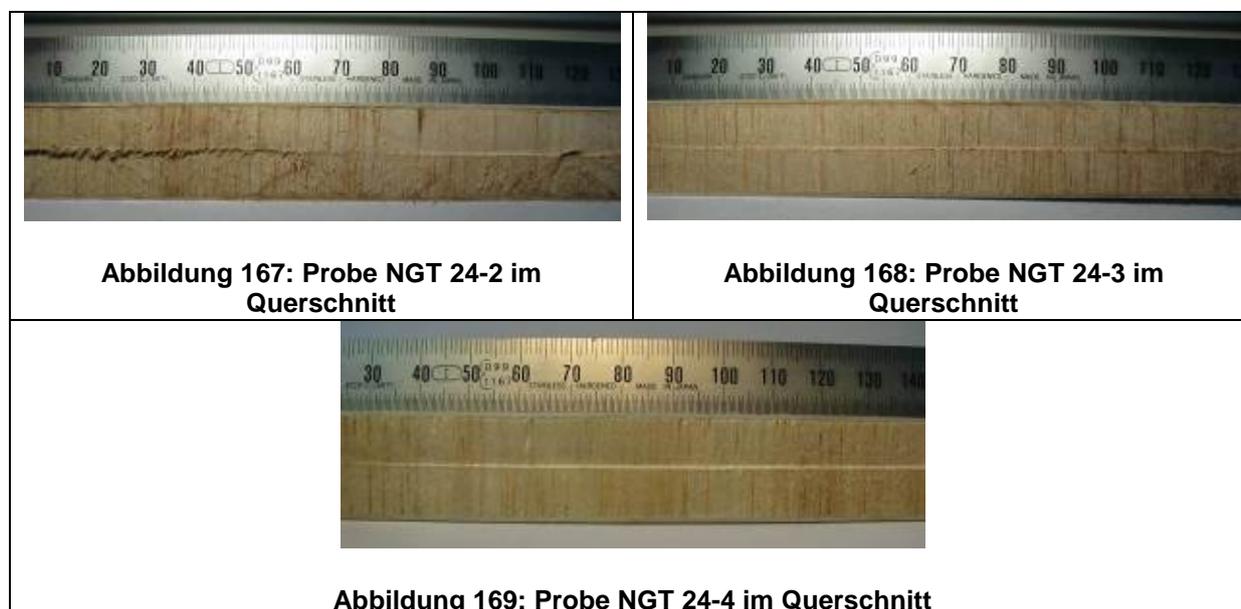


Abbildung 167: Probe NGT 24-2 im Querschnitt

Abbildung 168: Probe NGT 24-3 im Querschnitt

Abbildung 169: Probe NGT 24-4 im Querschnitt

Tabelle 70: Probenserie NGT 24 im Querschnitt

³⁰ Die Probe NGT 23-1 wurde nach der Prüfung direkt an Saertex zurück gegeben

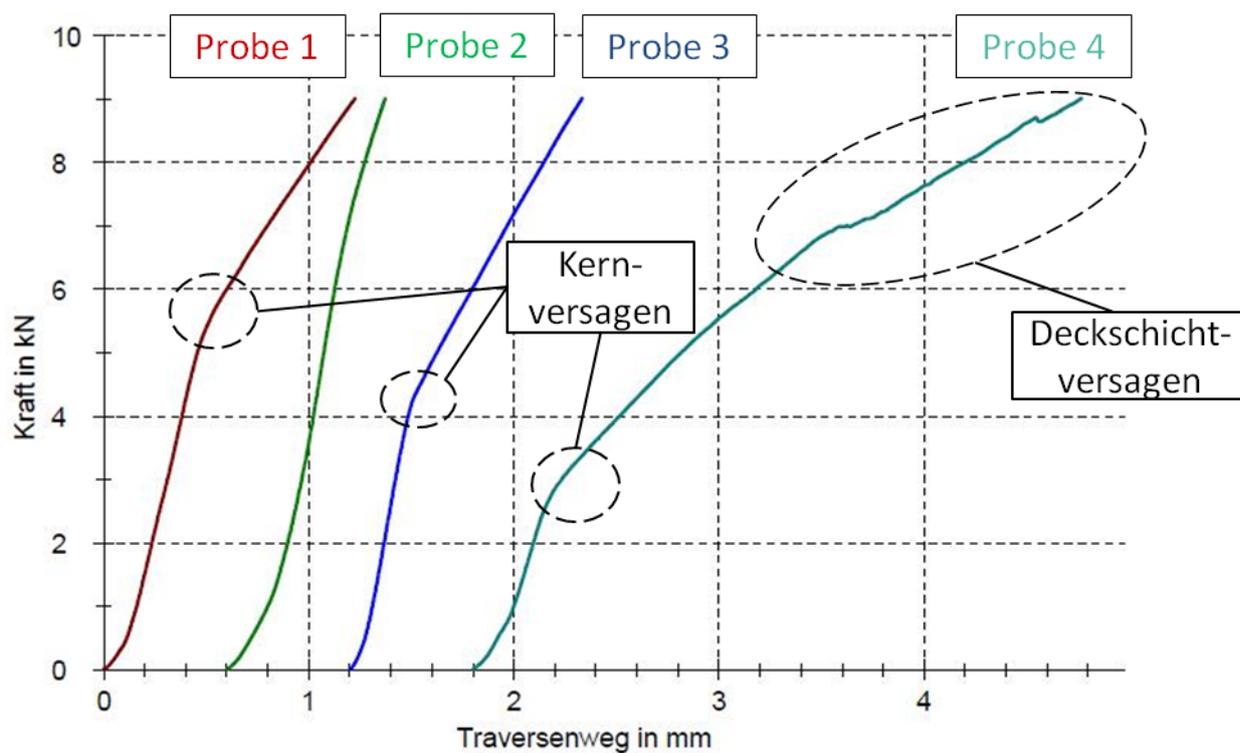


Abbildung 170: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie NGT 24

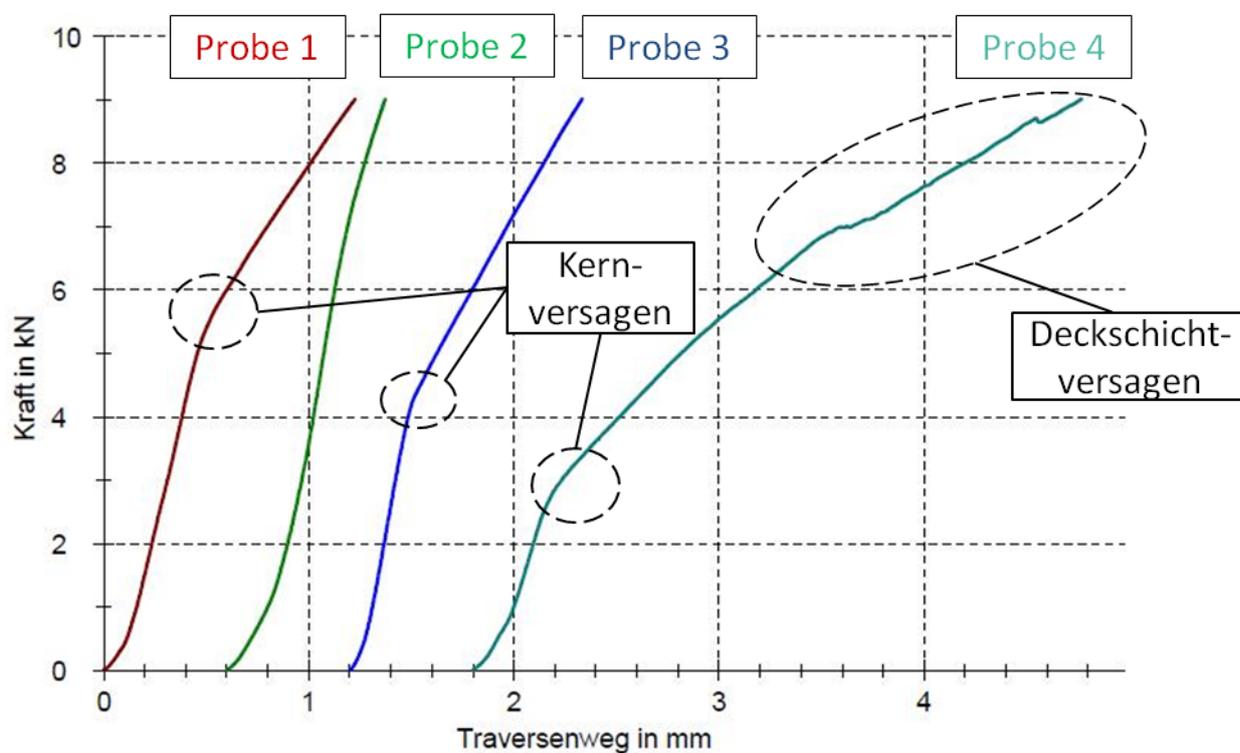


Abbildung 171: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 24

Tabelle 71 stellt die Bilder der Probenserie NGT 24 nach der Prüfung dar.

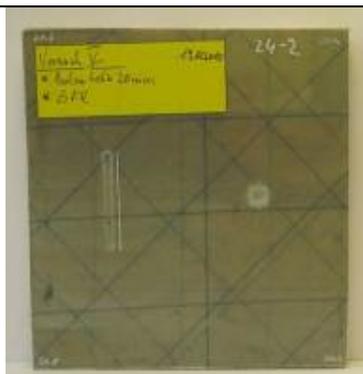


Abbildung 172: Probe NGT 24-2 nach der Prüfung

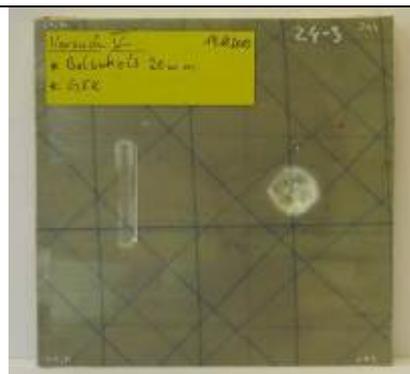


Abbildung 173: Probe NGT 24-3 nach der Prüfung

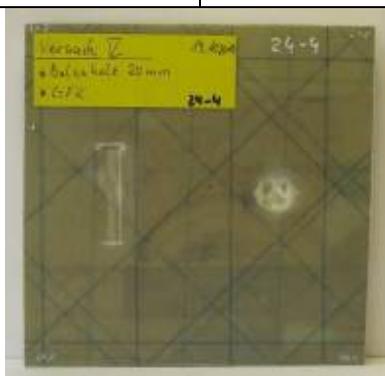


Abbildung 174: Probe NGT 24-4 nach der Prüfung

Tabelle 71: Probenserie NGT 24 nach der Prüfung

3.21.1. Auswertung der Probenserie NGT 24

Insgesamt wurde auf jede der 4 Proben einmal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal mit dem Eindringkörper Rolle gedrückt. Alle Prüfungen wurden bis zum Erreichen der maximalen Prüflast durchgeführt. Bei allen Proben ist optisch der Eindruck zu Erkennen. Während der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel kommt es bei einer Last von ca. 0,5 kN bei den Proben NGT 24-1, NGT 24-3 und NGT 24-4 zu einem Kernversagen. Ab einer Prüflast von ca. 2 kN versagt bei diesen Proben die Deckschicht, siehe Abbildung 170. Die Kurvenverläufe variieren. Insbesondere Probe NGT 24-2 unterscheidet sich stark von den anderen. Anhand des Kurvenverlaufs kann nicht auf ein bestimmtes Versagen geschlossen werden. Der sichtbare Schaden ist bei der Probe NGT 24-2 auch geringer als bei den anderen Proben, vergleiche Tabelle 71. Auch bei den Prüfungen mit Eindringkörper Rolle kommt es bei den Proben NGT 24-1, NGT 24-3 und NGT 24-4 zunächst zu einem Kernversagen. Wann dies passiert ist unterschiedlich. Die Probe NGT 24-4 hat außerdem ein Deckschichtversagen. Tabelle 72 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen. Auch hier sind die verhältnismäßig geringen Eindringtiefen zu erkennen. Besonders auffällig ist hier der Eindruck der Rolle der Probe NGT 24-4, welcher besonders groß ist. Grund hierfür ist das schon genannte Versagen von Kern und Deckschicht.



Abbildung 175: ATOS-Messung der Probe NGT 24-2

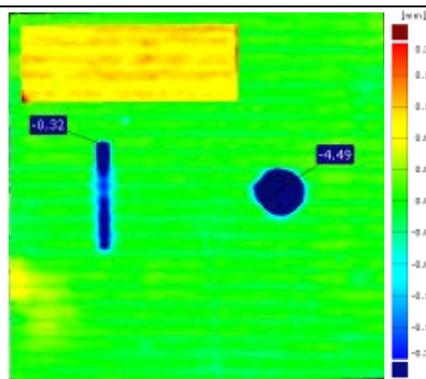


Abbildung 176: ATOS-Messung der Probe NGT 24-3

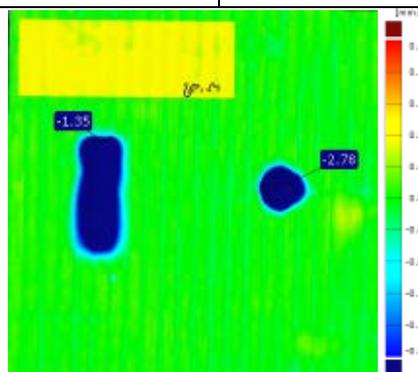


Abbildung 177: ATOS-Messung der Probe NGT 24-4

Tabelle 72: ATOS-Messungen Probenserie NGT 24

Abbildung 170 und Abbildung 171 zeigen die Diagramme der Versuche dar. Tabelle 73 und Tabelle 74 fasst die Ergebnisse der Messung zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-0,52	-2,60
2		-4,49	
3		-2,78	

Tabelle 73: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie 24

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	-0,12	-0,60
2		-0,32	
3		-1,35	

Tabelle 74: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie 24

3.22. Probe NGT 25

Abbildung 178 zeigt schematisch den Aufbau der Probe 25. Bei den Deckschichten handelt es sich um 2 Lagen Glasfaser Biax-gelege mit einem Flächengewicht von 1.250 g/m². Der Balsakern hat eine Höhe von 12 mm. Die Probe wurde mittels eines Infusionsverfahrens hergestellt. Es ist insgesamt 1 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 75 zu entnehmen.



Abbildung 178: Querschnitts-Skizze Probe NGT 25

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 25	1	02.11.2010	200 x 200	16,5	10.408

Tabelle 75: Probe NGT 25

Abbildung 179 zeigt die Probe 25 im Querschnitt. Fotos während der Prüfung wurden nicht gemacht.



Abbildung 179: Probe NGT 25 im Querschnitt

Die Probe NGT 25 nach der Prüfung sieht man auf Abbildung 180.



Abbildung 180: Probe NGT 25 nach der Prüfung

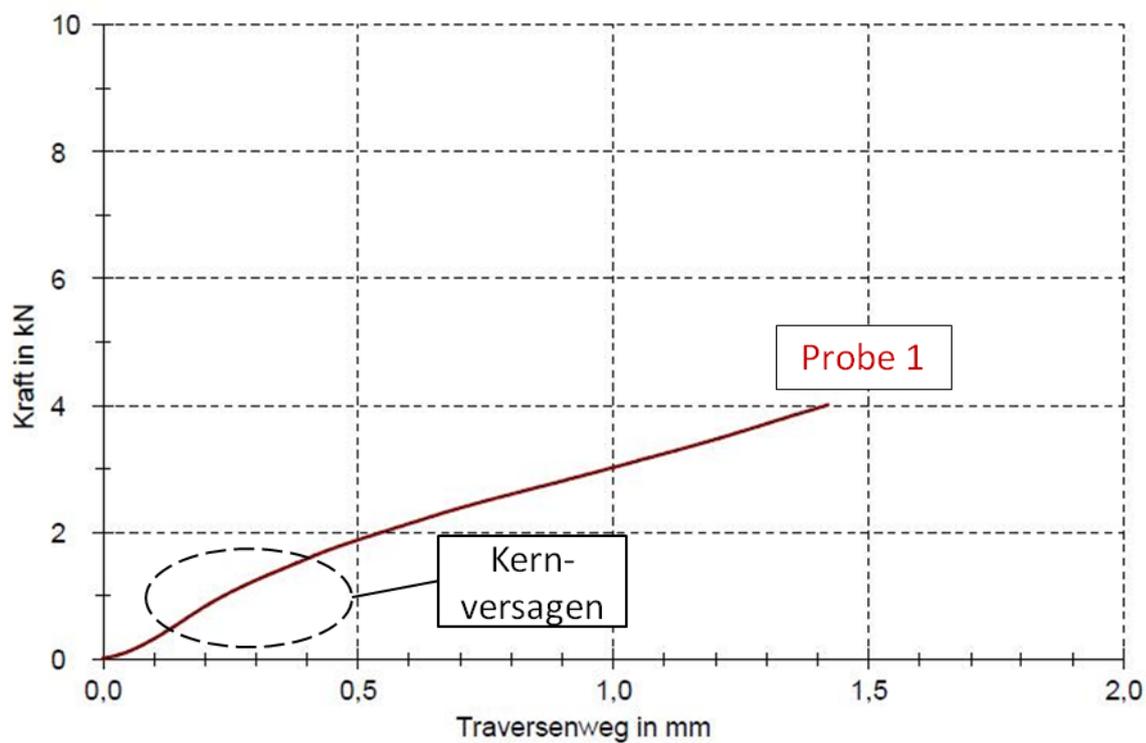


Abbildung 181: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 25

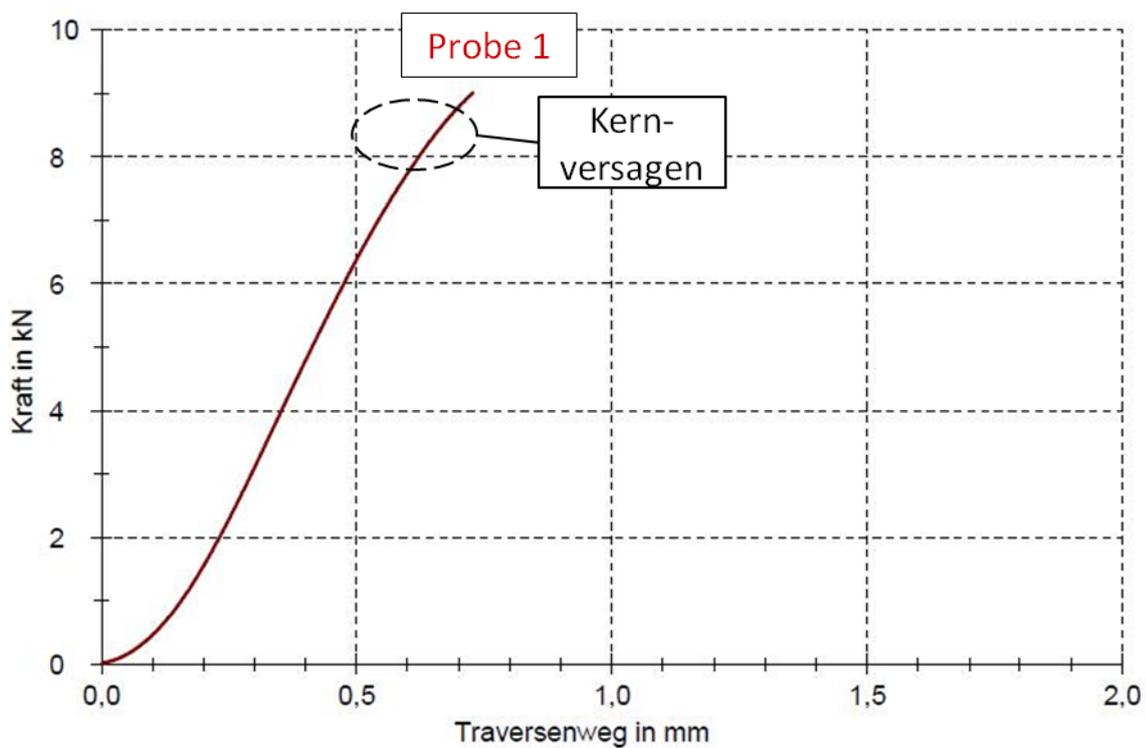


Abbildung 182: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 25

3.22.1. Auswertung der Probe NGT 25

Es wurde bei dieser einen Probe nur einmal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal mit dem Eindringkörper Rolle auf die Probe gedrückt. Beide Male tritt hier ein Kernversagen auf, welches sich durch die Änderung der Steigung im Kurvenverlauf bemerkbar macht, siehe Abbildung 181 und Abbildung 182. Ein Riss der Deckschicht ist optisch nicht zu erkennen, allerdings die milchige Färbung dieser. Abbildung 183 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messung. Der Eindruck, welcher durch die Rolle verursacht wurde kann aufgrund seiner geringen Tiefe nicht gemessen werden. Der Eindruck der Kugel ist ebenfalls geringer als die maximal vorgeschriebene Tiefe.

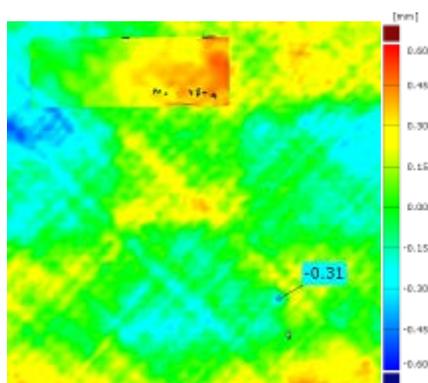


Abbildung 183: Probe NGT 25 ATOS-Messungen

Abbildung 181 und Abbildung 182 zeigt die Ergebnisse der Versuche für die Probe NGT 25. Tabelle 76 und Tabelle 77 fasst die Ergebnisse der Messungen zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	-0,31	-0,31

Tabelle 76: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 25

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	0,00	0,00

Tabelle 77: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 25

3.23. Probe NGT 26

Leider gibt es zu dieser Probe keine Angabe bezüglich des Aufbaus. Das Foto des Querschnitts lässt vermuten, dass es sich um Decklagen aus Kohlenstofffasern und einem Kern aus Balsaholz handelt. Es ist insgesamt noch eine von ursprünglich 2 Proben dieses Aufbaus im Institut vorhanden.

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 26	2 (1) ³¹	19.11.2010	unbekannt	7,5 – 7,8	Die Probe wurde nicht gewogen

Tabelle 78: Probenserie NGT 26

Abbildung 184 zeigt die Probe NGT 26 im Querschnitt.

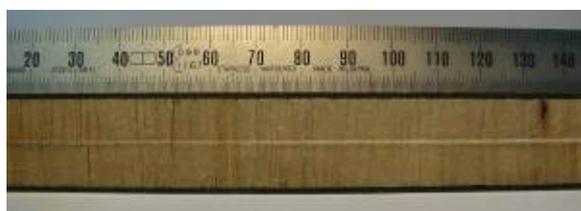


Abbildung 184: Probe 26 im Querschnitt

Abbildung 185 und Abbildung 186 stellen die Diagramme der Versuche dar.

³¹ Die Proben sind unvollständig. Es wurden bei Proben geprüft. Leider wurde keine von ihnen gewogen. Fotos und GOM[®]-Messungen sind nicht vorhanden.

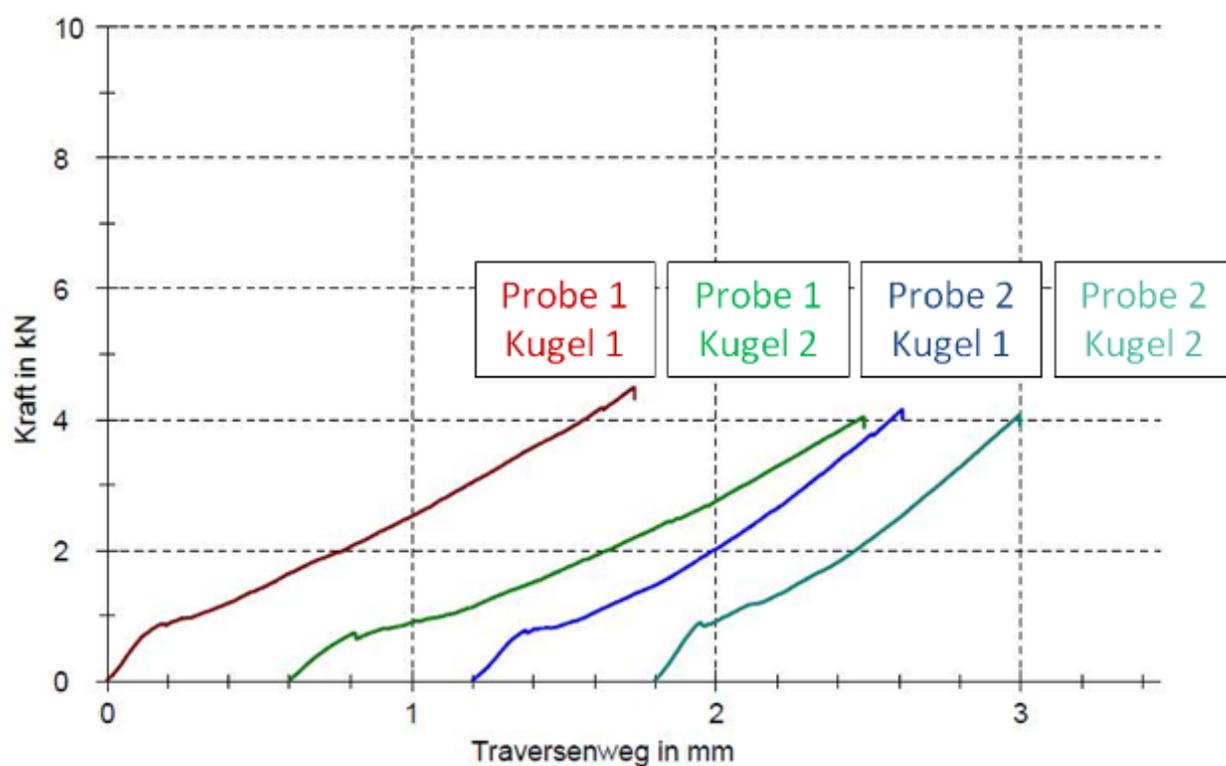


Abbildung 185: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel Probenserie 26³²

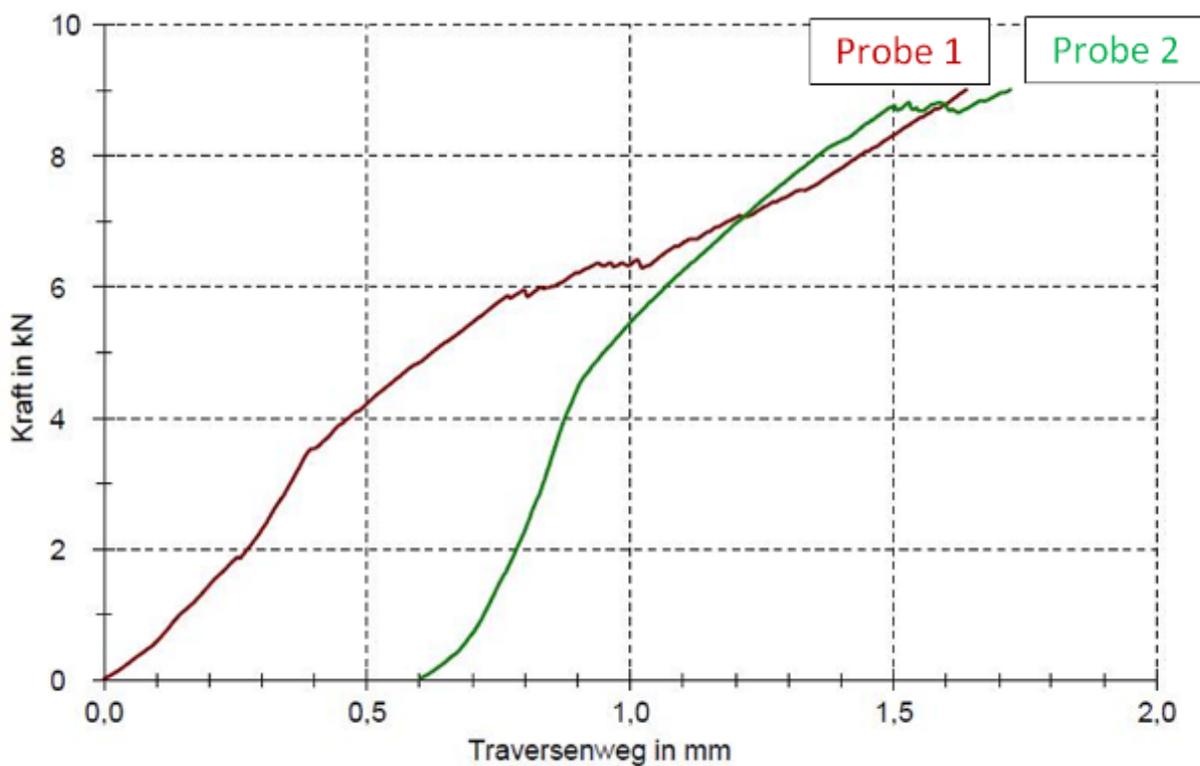


Abbildung 186: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie 26 02.11.2010

³² Pro Probe wurde zwei Mal mit der Kugel geprüft

Leider liegen keine Bilder nach der Prüfung sowie eine ATOS-Messung vor.

3.23.1. Auswertung der Probenserie NGT 26

Für die Auswertung können nur die Diagrammverläufe herangezogen werden. Es wurde jeweils zweimal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal dem Eindringkörper Rolle auf die Probe gedrückt. Bei allen Prüfungen wurde die maximal vorgeschriebene Prüflast erreicht. Die Prüfungen haben zu Schäden des Materials geführt. Der Verlauf ist allerdings nicht eindeutig.

3.24. Probenserie NGT 27

Der Aufbau der Probe ist schematisch mithilfe Abbildung 187 dargestellt. Die 4 Lagen haben einen symmetrischen Aufbau [0°/+45]s und bestehen aus CfK-Epoxid-Prepreg Gewebe der Firma Hexcel mit der Bezeichnung HexPly 6376C-926-35 mit einem Harzanteil von 35 % bzw. einem Faservolumengehalt von 65 % [13]. Das Flächengewicht des Prepregs beträgt laut Hersteller 577 g/m². Es sind insgesamt noch 2 von 4 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 79 zu entnehmen.



Abbildung 187: Querschnitts-Skizze Probe NGT 27

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 27	2 (4) ³³	19.11.2010	1,35	2.155

Tabelle 79: Probenserie NGT 27

Tabelle 80 zeigt die Proben NGT 27-3 und NGT 27-4 während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel und die Abbildung 190 die Probe NGT 27-3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle.

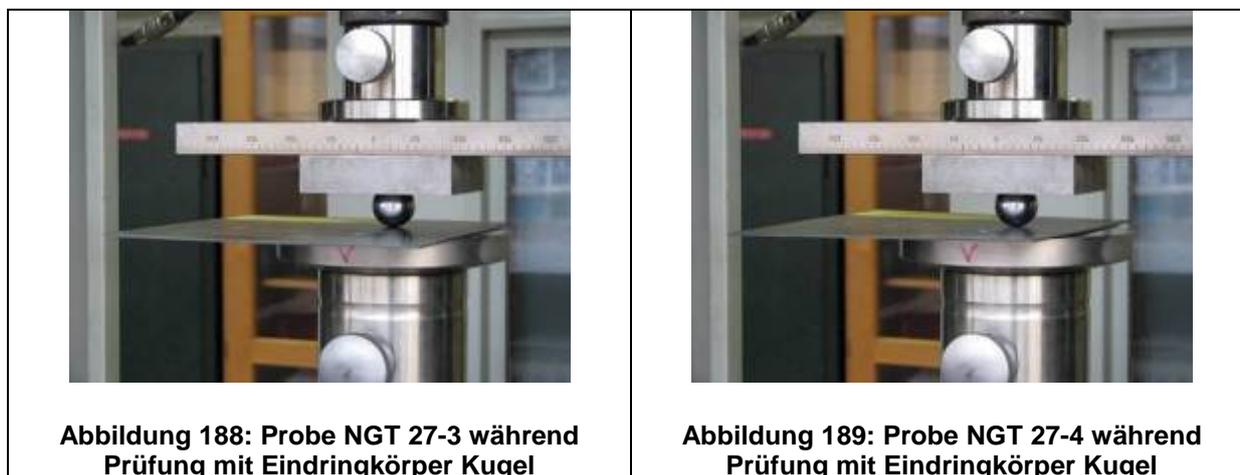


Abbildung 188: Probe NGT 27-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Abbildung 189: Probe NGT 27-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Tabelle 80: Probenserie NGT 27 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

³³ Ursprünglich insgesamt 4 Proben. Es sind von allen vier Proben die Versuchsergebnisse in Form von Diagrammen für die Kugel vorhanden. Die Messung mit dem Eindringkörper Rolle fehlt für die Probe NGT 27-2. Allerdings fehlen von NGT 27-1 und NGT 27-2 die Bilder während der Prüfung, nach der Prüfung und die dazugehörigen ATOS-Messungen.

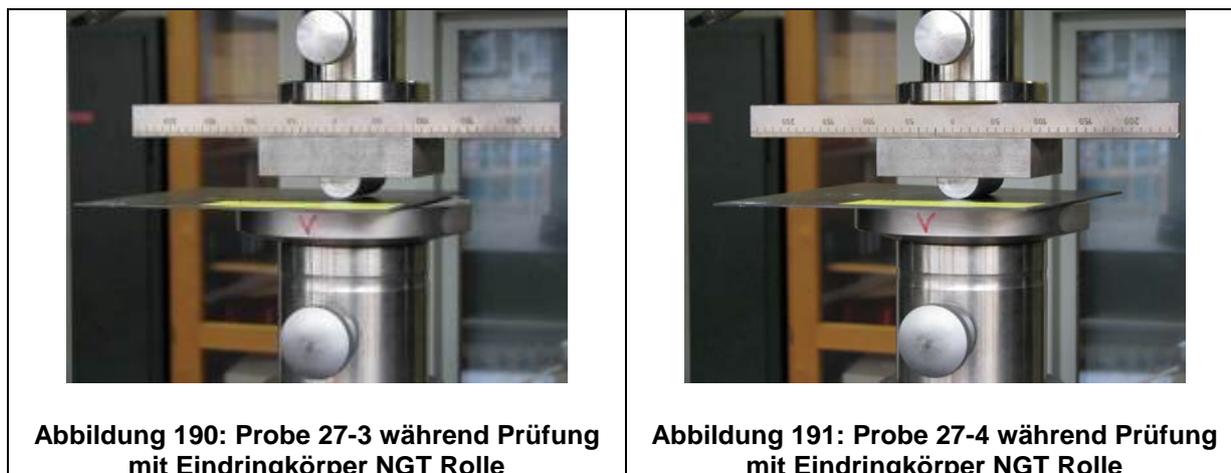


Tabelle 81: Probenserie NGT 27 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 192 und Abbildung 193 zeigt die Diagramme der Messungen.

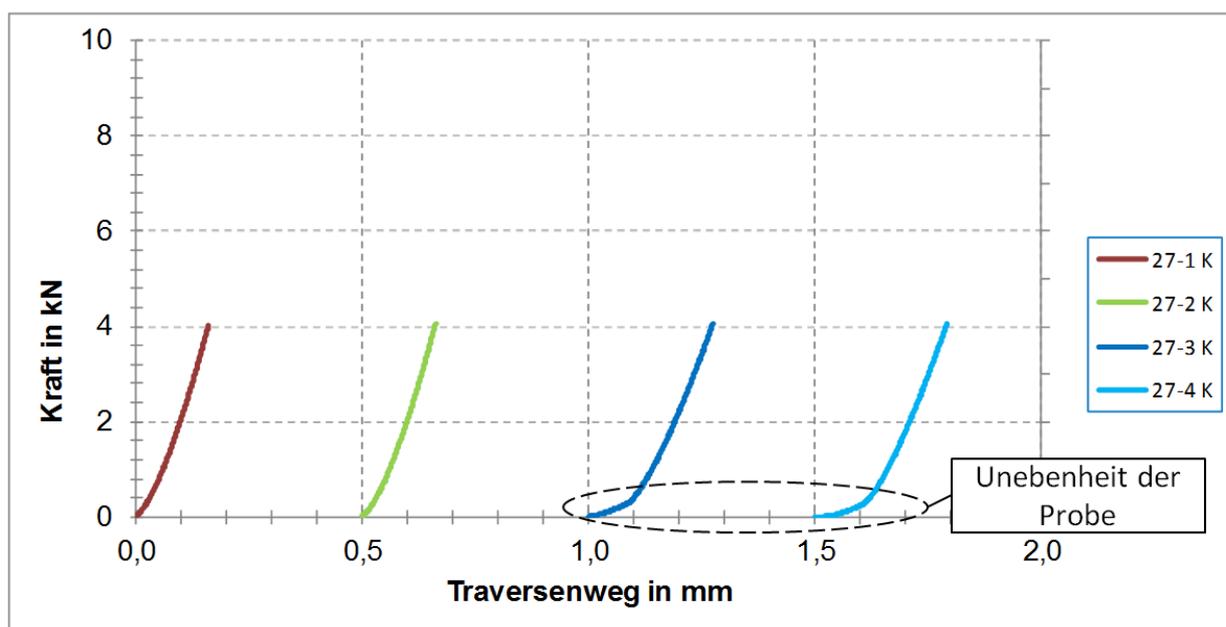


Abbildung 192: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 27

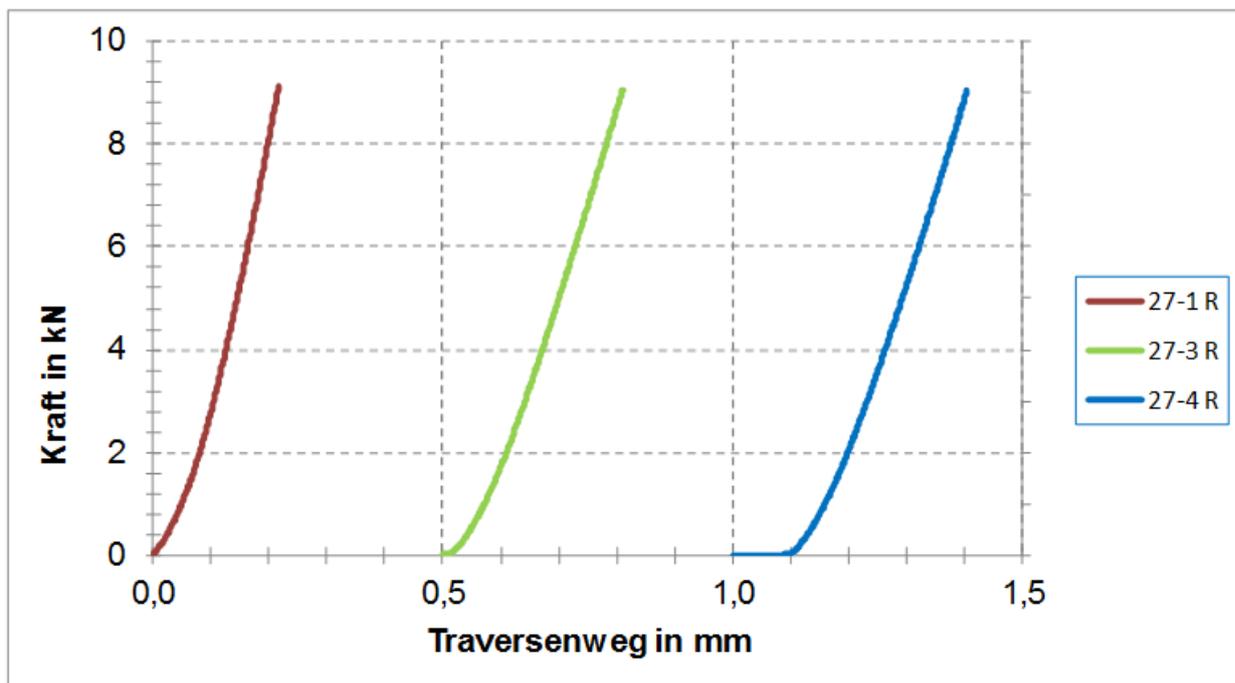


Abbildung 193: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 27³⁴

Tabelle 82 zeigt die Probenserie nach der Prüfung, ein Eindruck ist optisch nicht zu erkennen.



Abbildung 194: Probe NGT 27-3 nach der Prüfung



Abbildung 195: Probe NGT 27-4 nach der Prüfung

Tabelle 82: Probenserie NGT 27 nach der Prüfung

3.24.1. Auswertung der Probenserie NGT 27

Insgesamt sind Diagramme von jeweils 4 Kugel und drei Rolleneindrücken vorhanden. Tabelle 82 zeigt die ATOS-Messungen der Probenserie NGT 27. Der

³⁴Die Prüfungsergebnisse mit Eindringkörper Rolle der Probe 27.2 fehlt.

Verlauf der Kurven weist keine Unregelmäßigkeiten auf, was vermuten lässt, dass kein Schaden aufgetreten ist. Ein Eindruck ist nicht messbar, aber die Unebenheit der Probe wird deutlich.

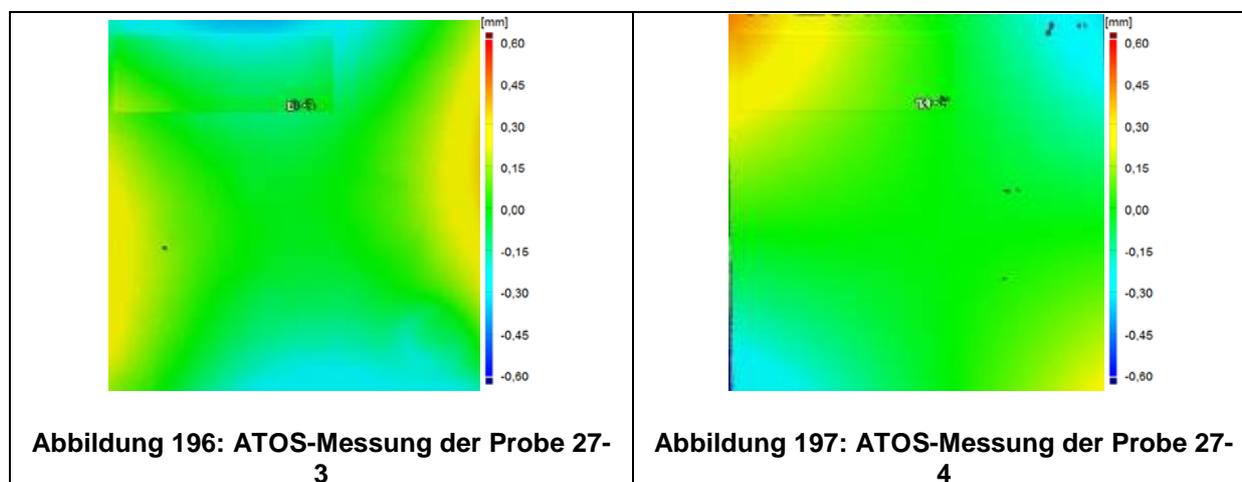


Tabelle 83: Probenserie NGT 27 ATOS-Messung

Tabelle 84 und Tabelle 85 fassen die Ergebnisse der Prüfungen zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,5	0	0
2		0	

Tabelle 84: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 27

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
1	-0,25	0	0
2		0	

Tabelle 85: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 27

3.25. Probe NGT 28

Der Aufbau ist schematisch auf Abbildung 198 dargestellt. Die obere und untere Decklage bestehen aus 8 Lagen CFK M21/34 %/UD194 mit der Orientierung $[+45^\circ/90^\circ/-45^\circ/0^\circ]_s$. Das Flächengewicht beträgt laut Hersteller 294 g/m². Das Material ist vom Hersteller Hexcel [14]. Das Gewicht kann nicht mehr ermittelt werden, da keine der ursprünglich 2 Proben im Institut FA vorhanden sind. Weitere Informationen können Tabelle 86 entnommen werden.



Abbildung 198: Querschnitts-Skizze Probe NGT 28

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 28	(2) ³⁵	19.11.2010	180 x 180	22,4 – 22,5	Nicht gewogen

Tabelle 86: Probenserie 28

Die Bilder vor der Prüfung, nach der Prüfung sowie die ATOS-Messungen fehlen. Abbildung 199 und Abbildung 200 zeigt die Diagramme der Prüfungen.

³⁵ Keine der Proben mehr im Institut vorhanden

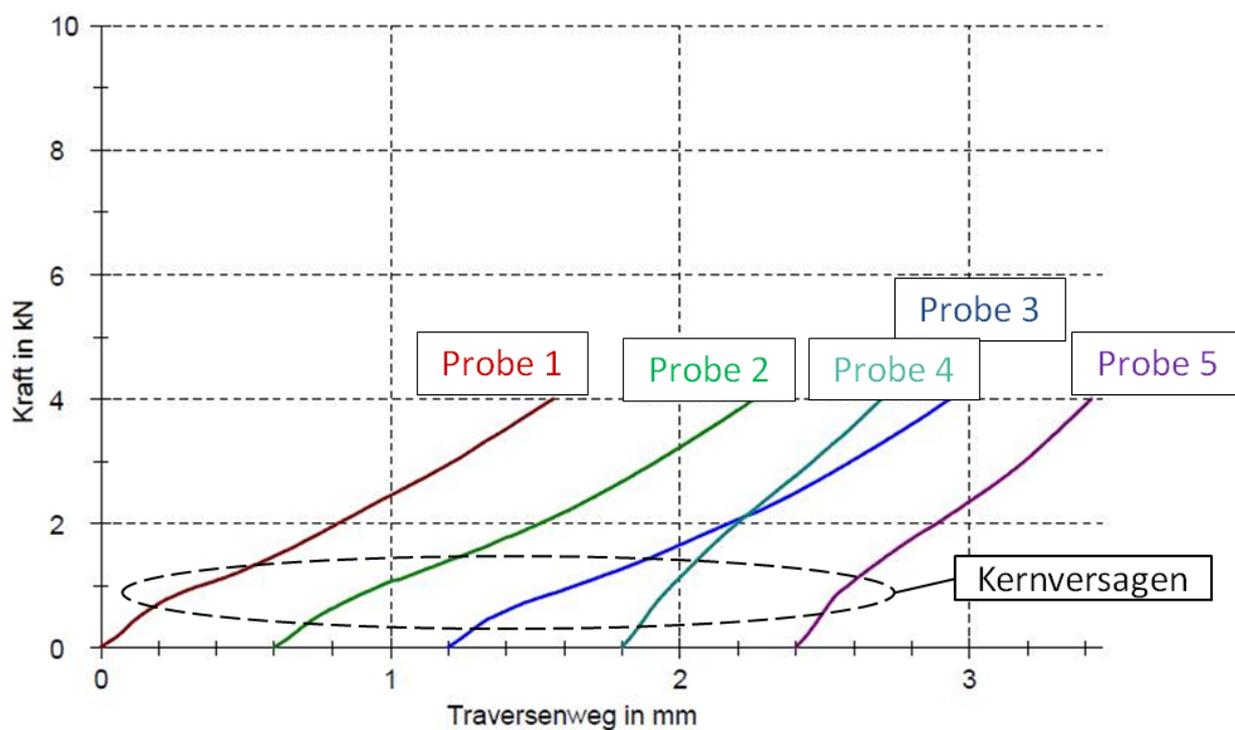


Abbildung 199: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 28

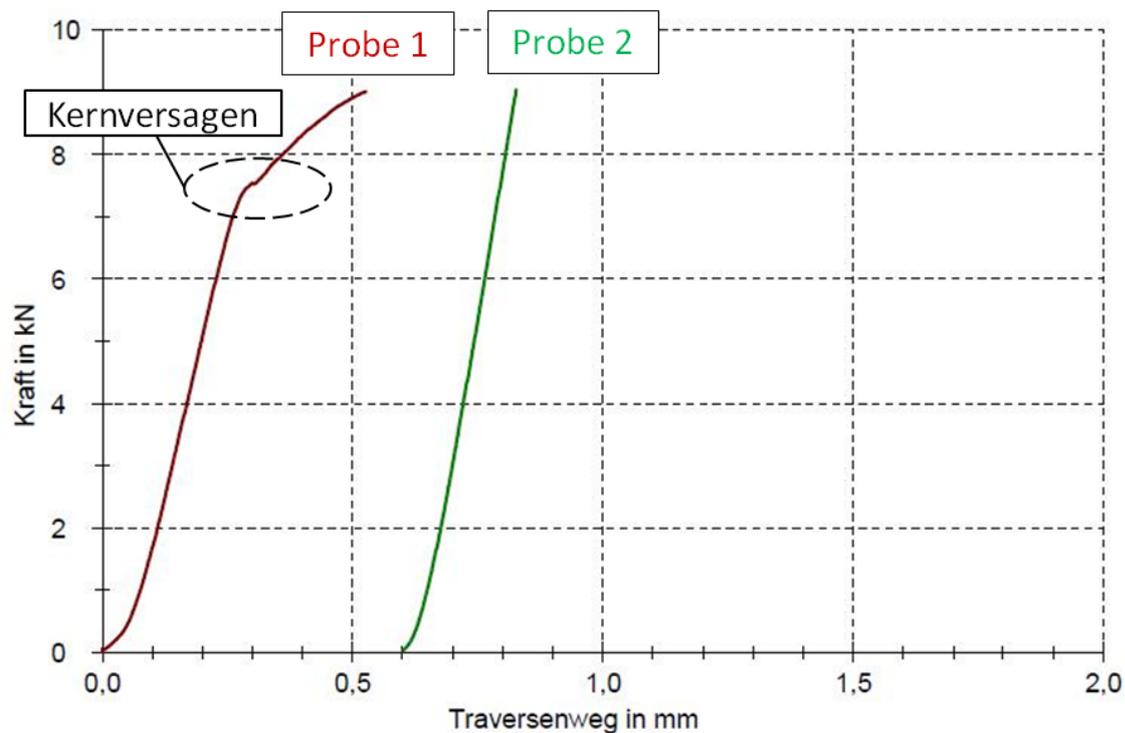


Abbildung 200: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 28

3.25.1. Auswertung der Probenserie NGT 28

Insgesamt wurde 5 Mal mit der Kugel und zwei Mal mit der Rolle auf das Material gedrückt. Bei den Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel komme es bei 0,5-1 kN zu einem Kernversagen. Gleiches ist bei der Probe NGT 28- 1 bei ca. 7,5 kN zu beobachten. Probe NGT 28-2 scheint die Prüfung ohne Schaden bestanden zu haben.

3.25.2. Auswertung Proben mit Balsaholz

Tabelle 87 und Tabelle 88 fassen die Ergebnisse aller Proben mit einem Kern aus Balsaholz zusammen.

Nr.	Höhe [mm]	Material Decklage	Höhe Kern [mm]	Flächenge wicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe
NGT-23	21,5 – 22,4	CfK	20	7.575	0,5	-0,14
NGT-24	20,5-21,5	GfK	20	7.016		-2,60
NGT-25	16,5	GfK	16,5	10.408		-0,31
NGT-26	?	CfK	?	?		?
NGT-28	22,4-22,5	CfK	20	?		?

Tabelle 87: Gesamt Balsa Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Nr.	Höhe [mm]	Material Decklage	Höhe Kern [mm]	Flächenge wicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe
NGT-23	21,5 – 22,4	CfK	20	7.575	0,25	-0,03
NGT-24	20,5-21,5	GfK	20	7.016		-0,6
NGT-25	16,5	GfK	16,5	10.408		0
NGT-26	?	CfK	?	?		?
NGT-28	22,4-22,5	CfK	20	?		?

Tabelle 88: Gesamt Balsa Prüfung mit Eindringkörper Rolle

3.26. Probenserie NGT 29

Der schematische Aufbau der Probe 29 ist auf Abbildung 201 dargestellt. Der Aufbau ist monolithisch und besteht aus 12 Lagen CfK M21/34 %/UD194 mit der Orientierung $[+45^\circ/90^\circ/0^\circ/-45^\circ/0^\circ/90^\circ]_s$. Diese Probe wurde vor dem Wiegen an die Firma Saertex zurückgegeben. Aus diesem Grund wird das Flächengewicht theoretisch ermittelt. Laut Hersteller beträgt das theoretische Flächengewicht pro Lage von 294 g/cm^3 [14]. Bei 12 Lagen ergibt sich so ein Flächengewicht von 3.528 g/m^2 . Es sind insgesamt 2 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen sind Tabelle 89 zu entnehmen.

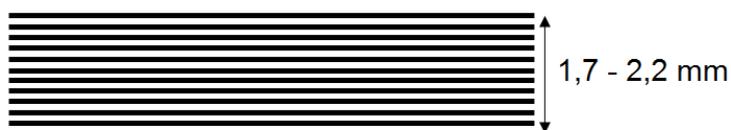


Abbildung 201: Querschnitts-Skizze Probe 29

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht $[\text{g/m}^2]$
NGT 29	2	19.11.2010	180 x 180	1,7 – 2,2	3.528^{36}

Tabelle 89: Probenserie 29

Die Bilder vor der Prüfung, nach der Prüfung sowie die ATOS-Messungen fehlen. Die Diagramme der Versuche zeigen Abbildung 202 und Abbildung 203.

³⁶ Theoretisch ermittelt

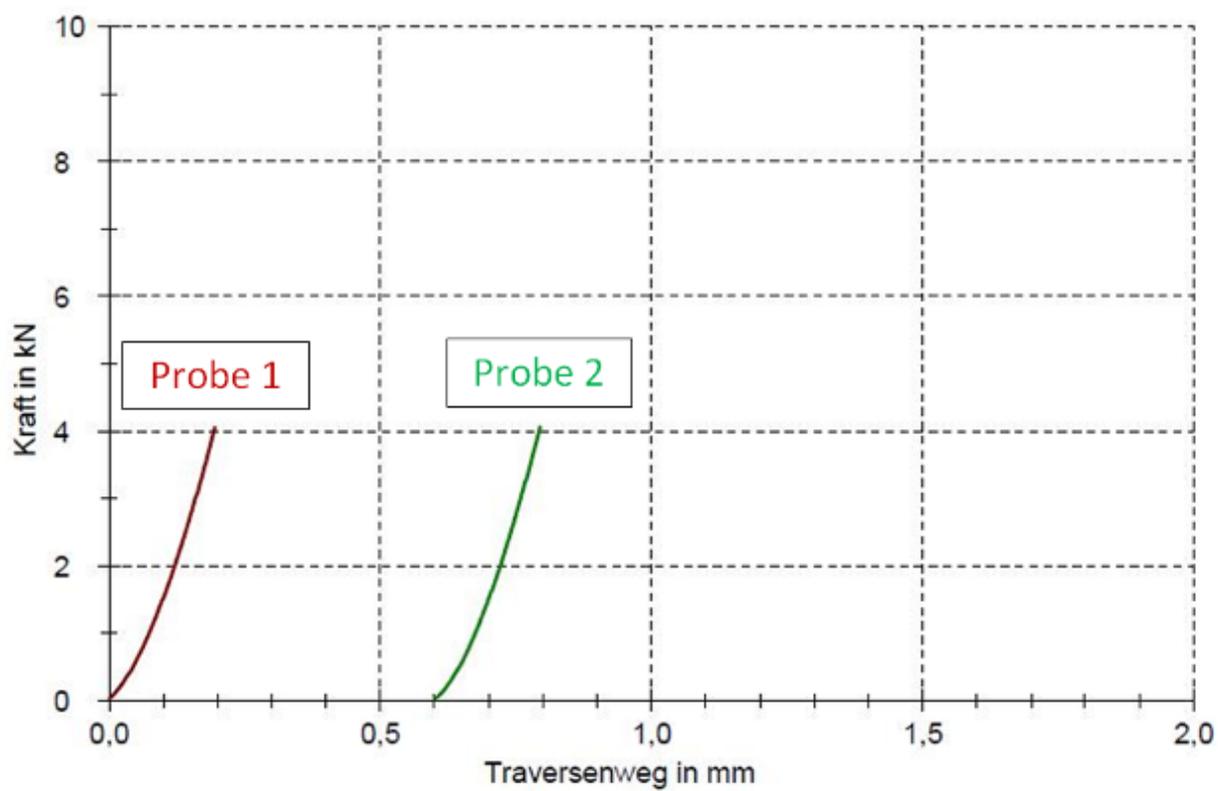


Abbildung 202: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 29

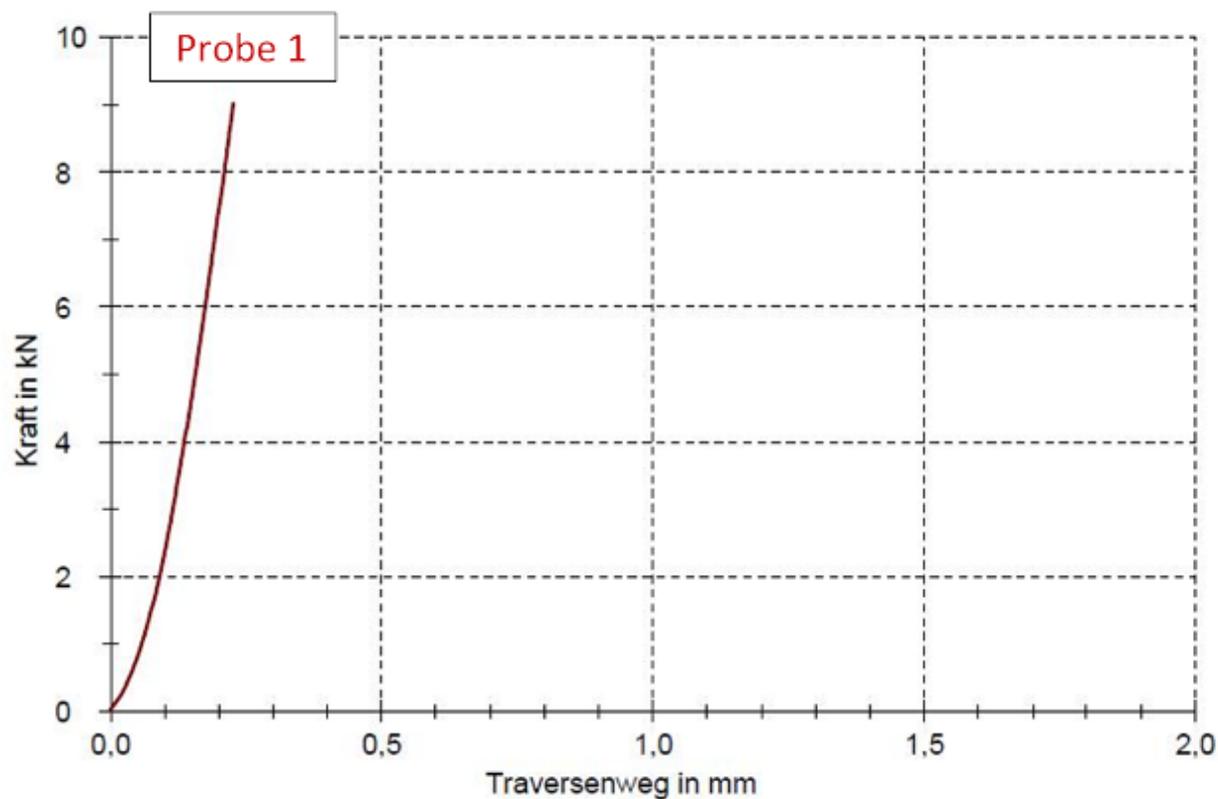


Abbildung 203: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe 29-1³⁷

3.26.1. Auswertung Probe NGT 29

Insgesamt sind Diagramme von zwei Prüfungen mit dem Eindringkörper Kugel und ein Eindruck mit dem Eindringkörper Rolle vorhanden. Aufgrund des regelmäßigen Kurvenverlaufes kann auf kein Schaden des Materials geschlossen werden.

³⁷ Prüfung mit Eindringkörper Rolle fehlt für Probe NGT 29-2

3.27. Probe NGT 30

Die Probe NGT 30 ist schematisch auf Abbildung 204 zu sehen. Diese Material-Kombination wurde im Institut FA hergestellt. Die obere Deckschicht besteht aus einer Lage Hohlglasfasern, die Dichte beträgt von 205 g/m² [6]. Der E-Modul von Hohlglasfasern beträgt 47.700 MPa [5]. Die untere Deckschicht ist Aluminium der Legierung AA 7075 T6 – 3.4365 – AlZnMgCu1,5 in einer Dicke von 1 mm. Der Kern aus Balsaholz und hat eine Höhe von 10 mm. Deckschichten und Kern werden mit dem Kleber verbunden. Dieser hat die Bezeichnung Araldite® 2014-1 und ist von der Firma Huntsmann [15]. Die Dichte beträgt laut Hersteller 1,6 g/cm³. Es ist eine Probe vorhanden, welche aber aufgrund ihres unsymmetrischen Aufbaus beidseitig geprüft wird. Weitere Informationen sind Tabelle 90 zu entnehmen.



Abbildung 204: Querschnitts-Skizze Probe NGT 30-1-1

Probe NGT 30-1-2 ist die gleiche Probe wie NGT 30-1-1, nur dass hier die andere Seite geprüft wird.



Abbildung 205: Querschnitts-Skizze Probe NGT 30-1-2

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 30	1 (doppelseitig geprüft)	24.11.10	180 x 180	12	7.414

Tabelle 90: Probe NGT 30

Tabelle 91 zeigt die Probe NGT 30 von beiden Seiten im Querschnitt. Fotos beim Test wurden nicht gemacht.

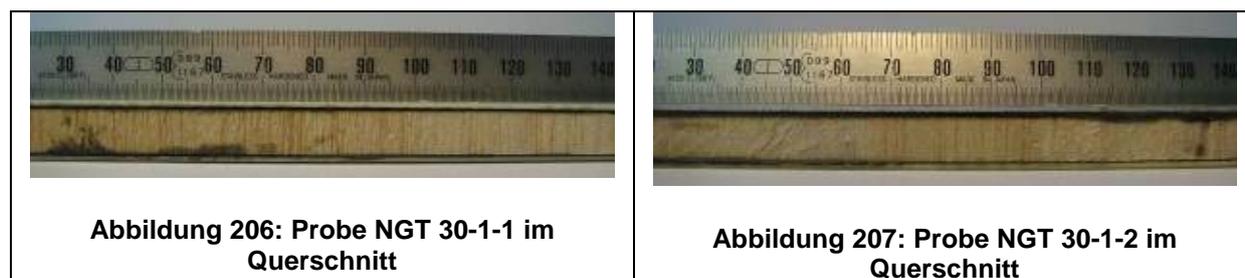


Tabelle 91: Probenserie NGT 30 im Querschnitt

Beide Seiten der Probe NGT 30 nach der Prüfung zeigt Tabelle 92. Auf beiden Seiten ist visuell ein Eindruck zu sehen.

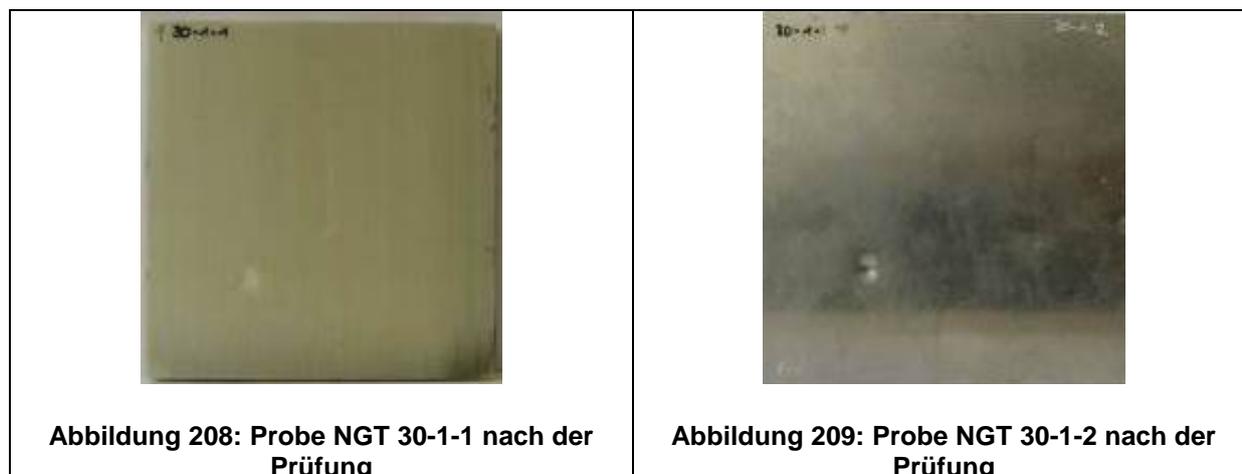


Tabelle 92: Probe NGT 30 nach der Prüfung

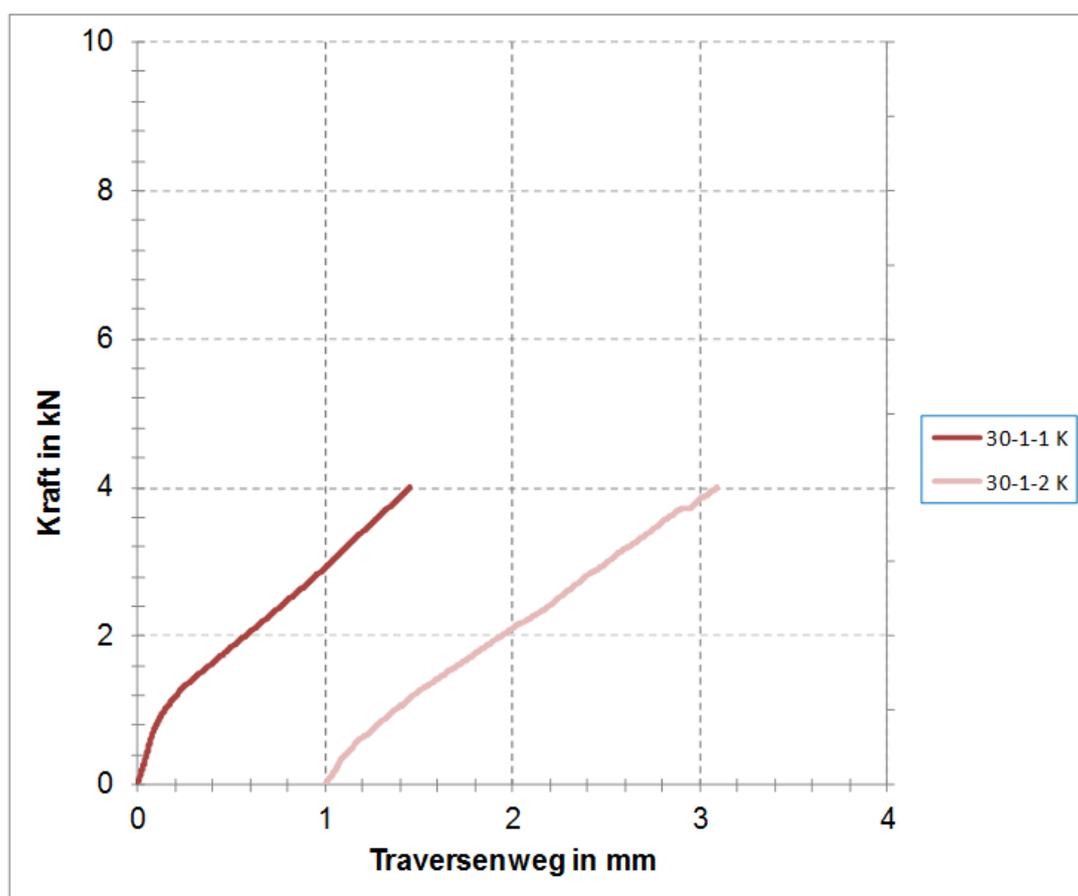


Abbildung 210: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30 (beidseitig)

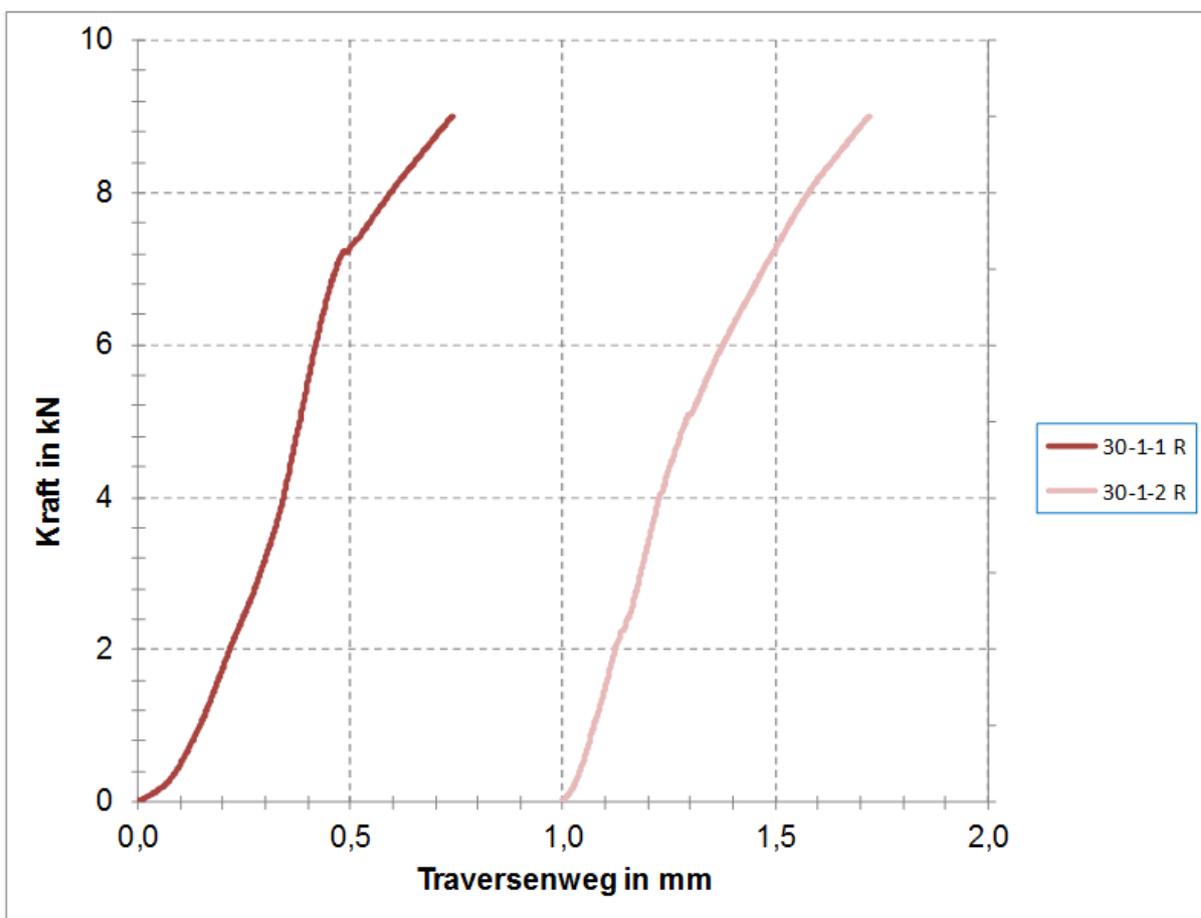


Abbildung 211: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30 (beidseitig)

Tabelle 94 und Tabelle 95 listen die Ergebnisse der Probe 30-1-1 auf.

3.27.1. Auswertung der Probe NGT 30

Auf jeder Seite der Probe wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle auf die Probe gedrückt. Tabelle 93 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen der Probe NGT 30. Sowohl die Eindringtiefen liegen beim Kugeleindruck über und bei der Rolle unter der erlaubten Tiefe. Der Kurvenverlauf der Diagramme lässt auf einen Schaden des Materials schließen.

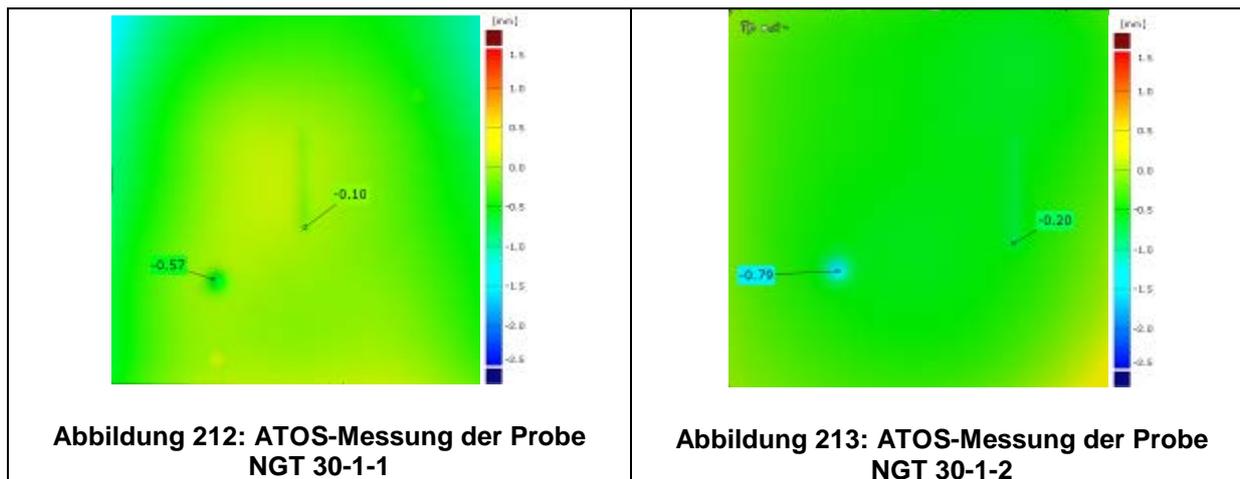


Abbildung 212: ATOS-Messung der Probe NGT 30-1-1

Abbildung 213: ATOS-Messung der Probe NGT 30-1-2

Tabelle 93: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 30

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 30-1-1	-0,5	-0,57	-0,57

Tabelle 94: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30-1-1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 30-1-1	-0,25	-0,1	-0,1

Tabelle 95: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30-1-1

Die Ergebnisse der zweiten Seite der Probe NGT 30 sind in den Tabelle 96 und Tabelle 97 zusammen gefasst.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 30-1-2	-0,5	-0,79	-0,79

Tabelle 96: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 30-1-2

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 30-1-2	-0,25	-0,2	-0,2

Tabelle 97: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 30-1-2

3.28. Probe NGT 31

Abbildung 214 zeigt die Querschnitts-Skizze von Probe NGT 31. Auch diese Material-Kombination wurde im Institut FA hergestellt. Die obere und untere Lage besteht aus einem 1 mm dicken Aluminiumblech. Unter der oberen Lage ist ein Elastomer der Firma Kraiburg mit der Bezeichnung HHA9530/29 der Dichte von 1,11 kg/dm³ angeordnet [7]. Die untere Deckschicht aus Aluminium ist mit einem 10 mm hohen Balsaholzkern verklebt. Diese Probe wurde nur einseitig geprüft. Weitere Informationen sind Tabelle 98 zu entnehmen.



Abbildung 214: Querschnitts-Skizze Probe NGT 31

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 31	1	24.11.2010	180 x 180	12	8.367

Tabelle 98: Probe NGT 31

Der Querschnitt der Probe zeigt die Abbildung 215.



Abbildung 215: Probe NGT 31 im Querschnitt

Die Probe nach der Prüfung sieht man auf Abbildung 216.



Abbildung 216: Probe NGT 31 nach der Prüfung

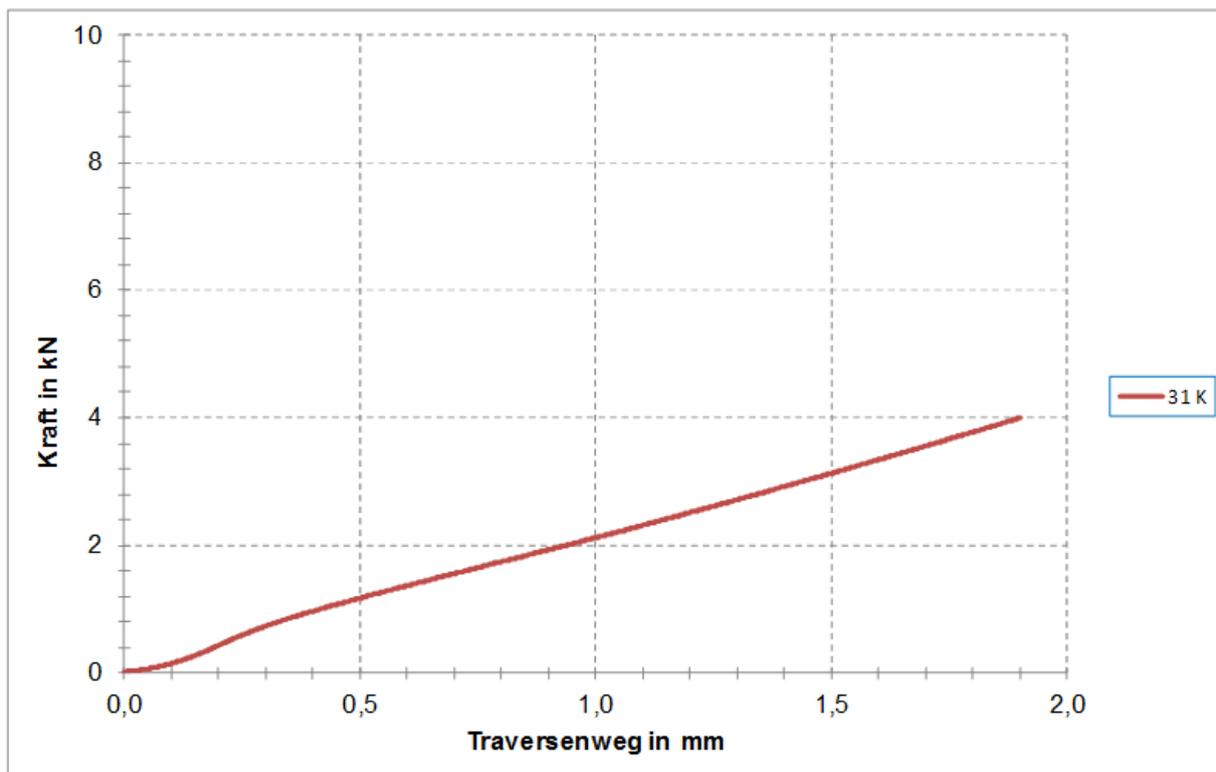


Abbildung 217: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 31

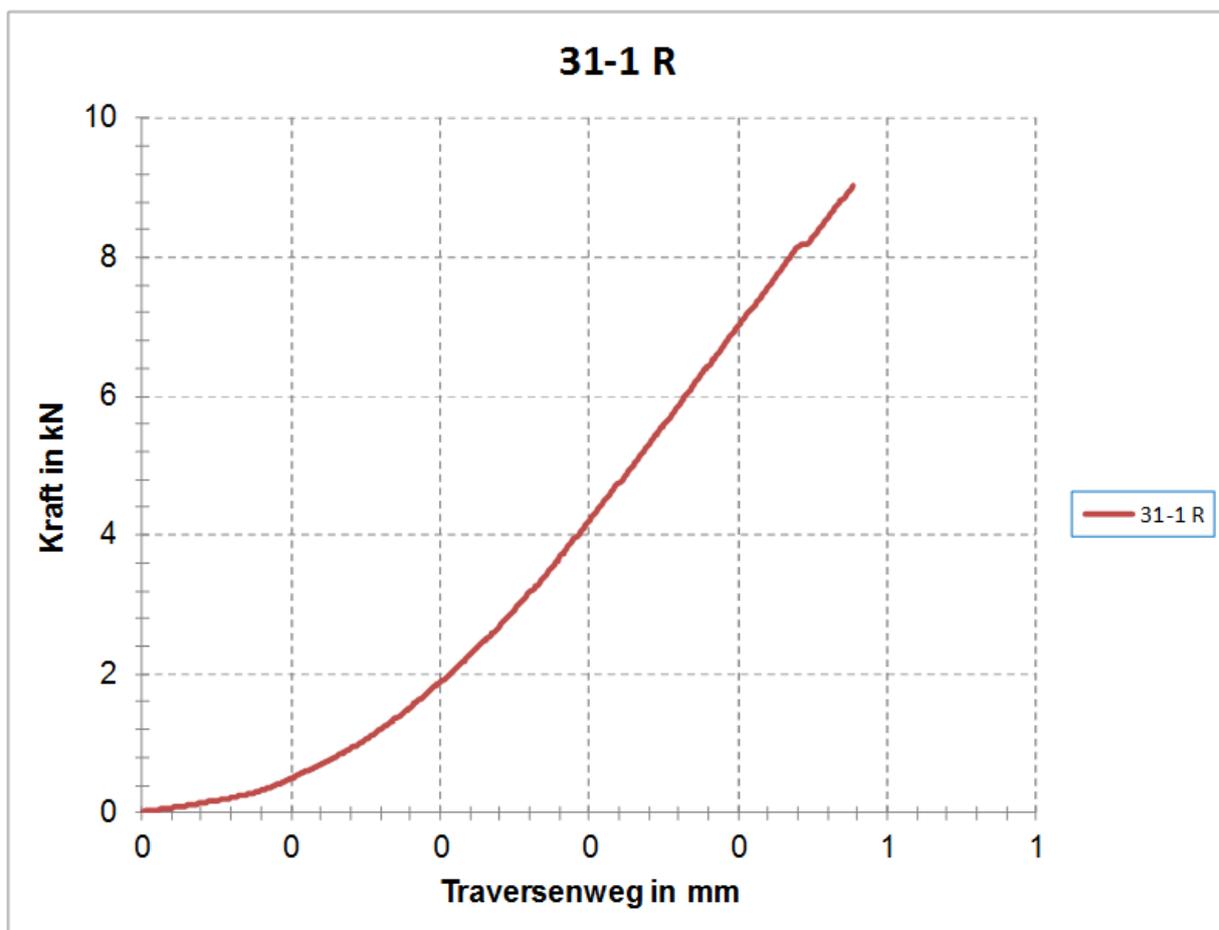


Abbildung 218: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle Probe NGT 31

3.28.1. Auswertung der Probe NGT 31

Auf der einen Probe wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle gedrückt. Auffällig ist der flache Kurvenverlauf bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel, siehe Abbildung 217. Beide Kurvenverläufe sind nicht regelmäßig. Abbildung 219 zeigt die Auswertung der ATOS Messung. Der Eindruck der Kugel ist tiefer als maximal erlaubt. Der Eindruck der Rolle ist so gering, dass er nicht messbar ist.

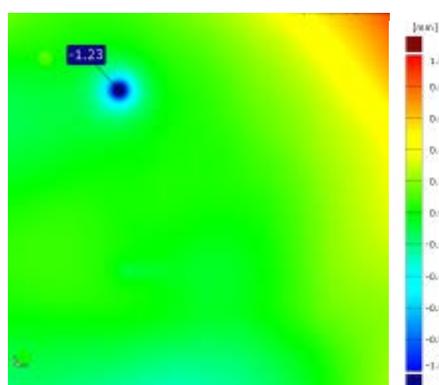


Abbildung 219: ATOS-Messung der Probe NGT 31

Die Diagramme der Messung sind auf Abbildung 217 und Abbildung 218 zu sehen. Die ermittelten Eindringtiefen beider Prüfungen stehen in den Tabelle 99 Tabelle 100.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 31-1	-0,5	-1,23	-1,23

Tabelle 99: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 31

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 31-1	-0,25	0	0

Tabelle 100: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 31

3.29. Probe NGT 32

Die Probe NGT 32 wurde im Institut FA hergestellt. Die Skizze des Querschnitts ist auf Abbildung 220 zu erkennen. Angefangen bei der obersten Lage besteht diese Kombination aus 1 mm dickem Aluminium, welcher mit einer Hohlglasplatte mittels Araldite® 2014-1 verklebt wurde. Darunter ist eine Lage Elastomer der Bezeichnung HAA9560/29 [7]. Der Kern ist auch hier wieder aus Balsa und hat eine Dicke von 10 mm. Weitere Informationen können Tabelle 101 entnommen werden.



Abbildung 220: Querschnitts-Skizze Probe NGT 32

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 32	1	24.11.2010	180 x 180	13	9.346

Tabelle 101: Probe NGT 32

Abbildung 221 zeigt die Probe NGT 32 im Querschnitt.



Abbildung 221: Probe NGT 32 im Querschnitt

Die Probe nach der Prüfung sieht man auf Abbildung 222. Ein Eindruck durch die Kugel ist klar erkennbar.



Abbildung 222: Probe NGT 32 nach der Prüfung

Abbildung 223 und Abbildung 224 zeigt die Diagramme der Versuche.

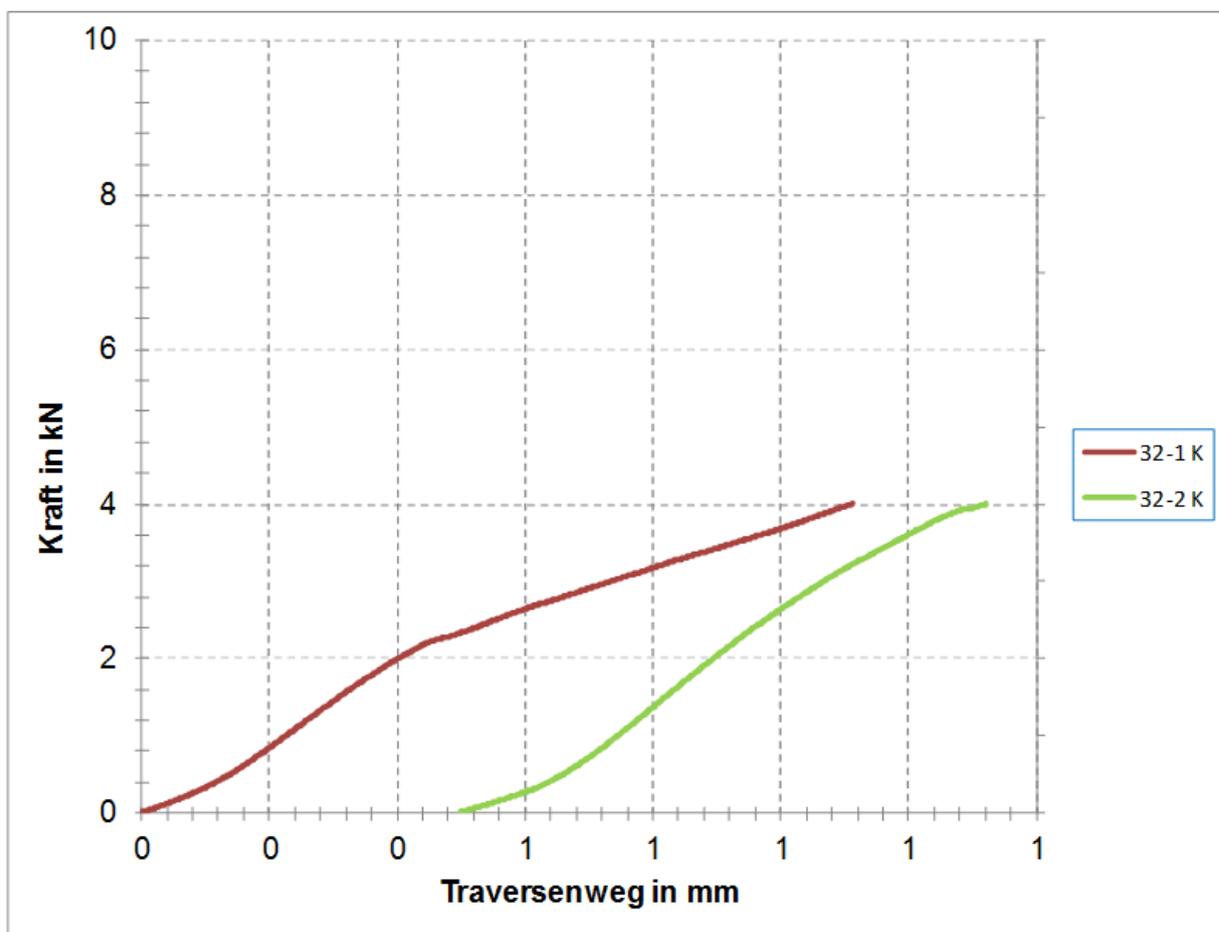


Abbildung 223: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 32

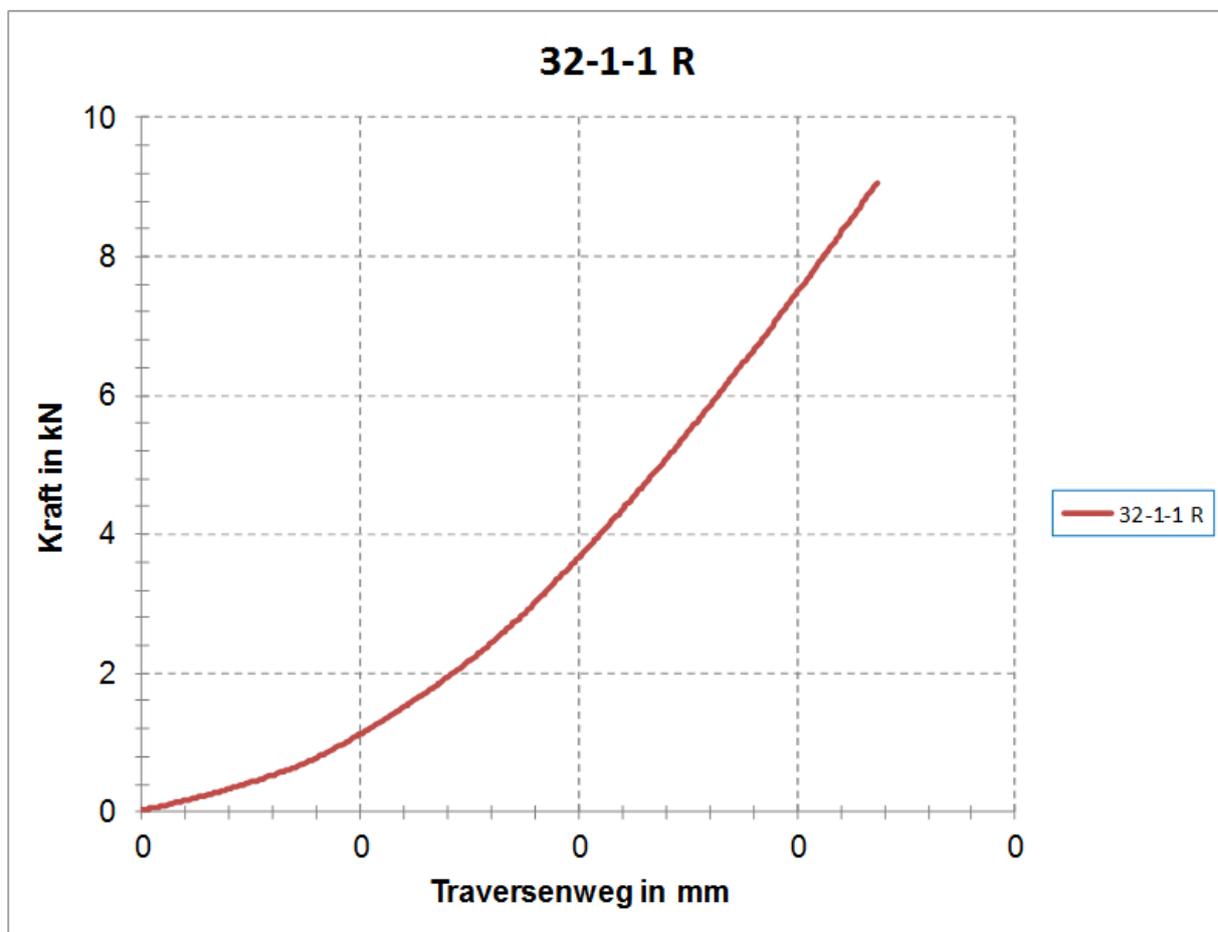


Abbildung 224: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 32

3.29.1. Auswertung der Probe NGT 32

Insgesamt wurde zweimal mit der Kugel und einmal mit der Rolle auf die Probe gedrückt. Der Kurvenverlauf des Diagramms, welches bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel aufgenommen wurde lässt auf einen Schaden des Materials schließen. Bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle ist ein regelmäßiger Kurvenverlauf entstanden. Hier kam es vermutlich zu keinem Schaden. Abbildung 225 zeigt die ATOS-Messung der Probe. Der Eindruck der Kugel entspricht einmal der maximal erlaubten Tiefe und ist einmal darüber. Nicht messbar ist der Eindruck der Rolle.

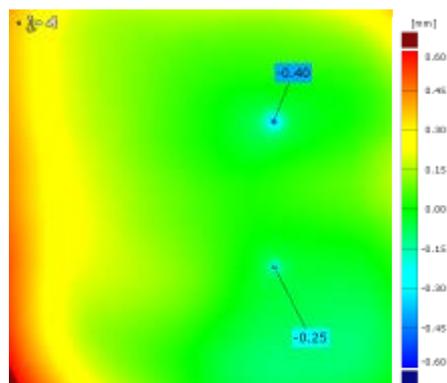


Abbildung 225: ATOS-Messung der Probe NGT 32

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Tabelle 102 und Tabelle 103 zusammengefasst.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 32-1	-0,5	-0,4	-0,33
NGT 32-2	-0,5	-0,25	-0,33

Tabelle 102: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 32

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 32-1	-0,25	0	0

Tabelle 103: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 32

3.30. Probenserie NGT 33

Die Probenserie NGT 33 wurde auch im Institut FA hergestellt und ist schematisch auf Abbildung 226 und Abbildung 227 zu sehen. Die oberste Schicht ist auch hier wieder Aluminium einer Dicke von 1 mm. Direkt darunter ist eine Elastomerschicht mit der Bezeichnung HAA9530/29 positioniert [7]. Unter dieser ist eine Lage CfK, welche von einem 10 mm dicken Kern aus Balsaholz gefolgt und von einer weiteren CfK-Schicht abgeschlossen wird. Weitere Informationen sind Tabelle 155 zu entnehmen. Diese Probe wurde doppelseitig getestet.



Abbildung 226: Querschnitts-Skizze Probe NGT 33-1



Abbildung 227: Querschnitts-Skizze Probe NGT 33-2

Nr.	Anzahl	Prüfungs-datum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 33	2, NGT 33-2 doppelseitig geprüft	24.11.20 10	180 x 180	12,5	7.275

Tabelle 104: Probenserie NGT 33

Tabelle 105 zeigt die Probenserie im Querschnitt.

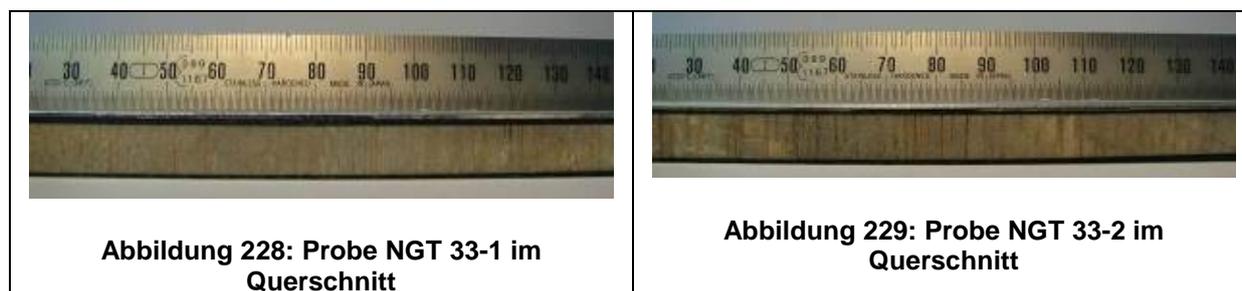


Tabelle 105: Probenserie NGT 33 im Querschnitt

Die Proben nach der Prüfung sind in Tabelle 106 zu sehen. Auch hier sind die Eindrücke der Eindringkörper optisch zu erkennen.



Abbildung 230: Probe NGT 33-1-1 nach der Prüfung

Abbildung 231: Probe NGT 33-1-2 nach der Prüfung

Tabelle 106: Probenserie NGT 33 nach der Prüfung

Die Diagramme der Probenserie 33 stellen Abbildung 232 und Abbildung 233 dar. Bei der Probe NGT 33-2 wurde bei beiden Prüfungen (Kugel und Rolle) zuerst die Aluminiumseite geprüft.

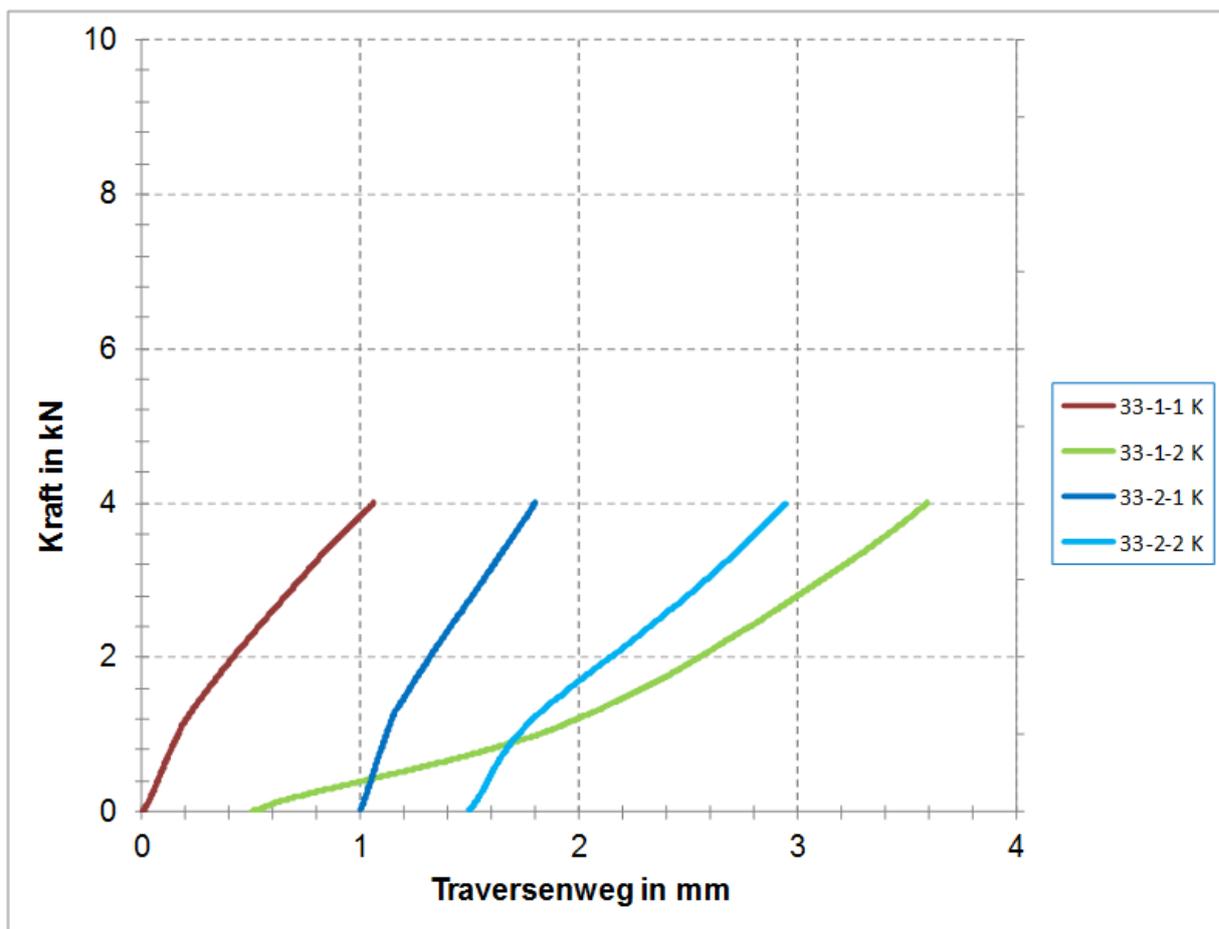


Abbildung 232: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 33 (beidseitig)

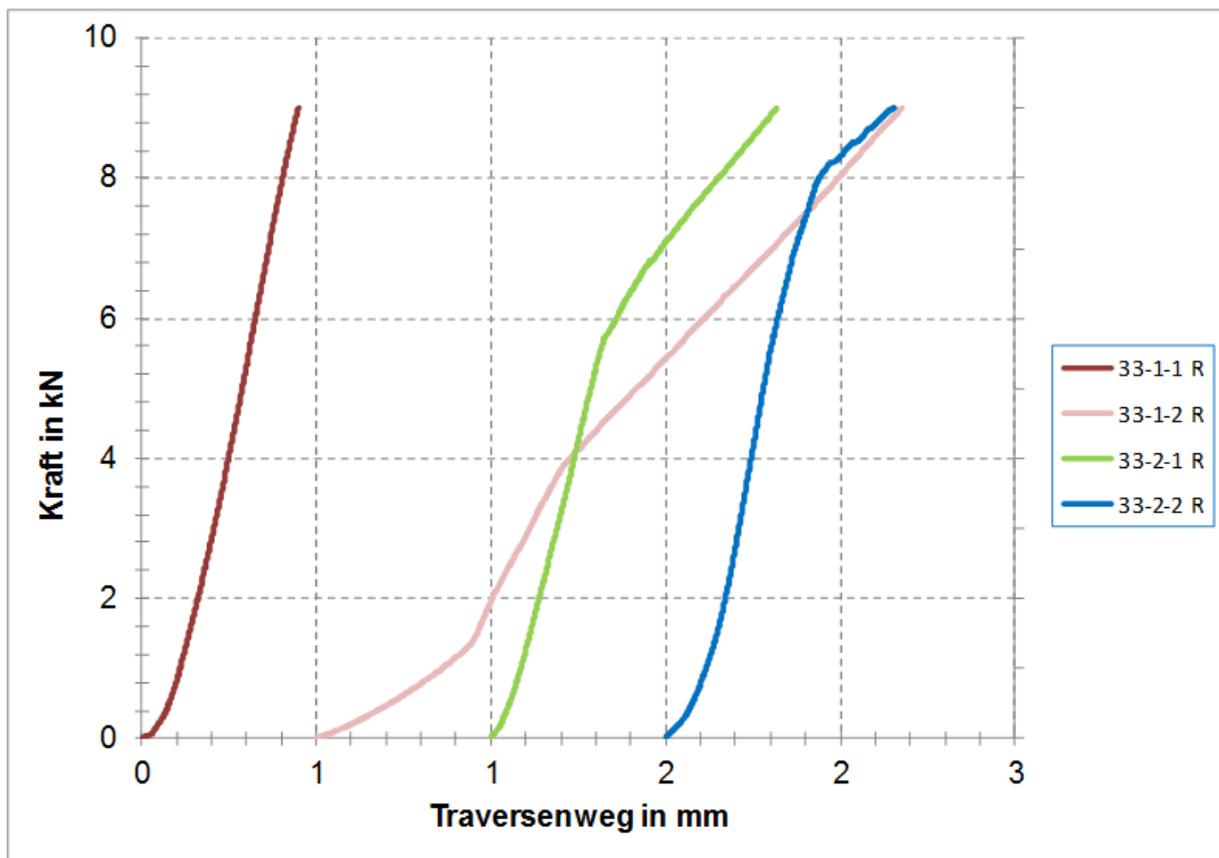


Abbildung 233: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 33 (beidseitig)

3.30.1. Auswertung der Probenserie NGT 33

Insgesamt gibt es 4 Eindrücke mit der Kugel und 4 Eindrücke mit der Rolle. Probe NGT 33-1 wurde einseitig 2 Mal mit den Eindringkörpern Kugel und Rolle geprüft. Probe NGT 33-2 beidseitig jeweils einmal mit der Rolle und einmal mit der Kugel. Die Kurvenverläufe sehen danach aus, als ob die Verläufe der Proben NGT 33-1 und NGT 33-2 vertauscht worden wären. Tabelle 107 zeigt die ATOS-Messungen der Probenserie NGT 33. Der Eindruck der Kugel übersteigt und die Eindrücke der Rolle unterschreiten die maximal erlaubten Tiefen.

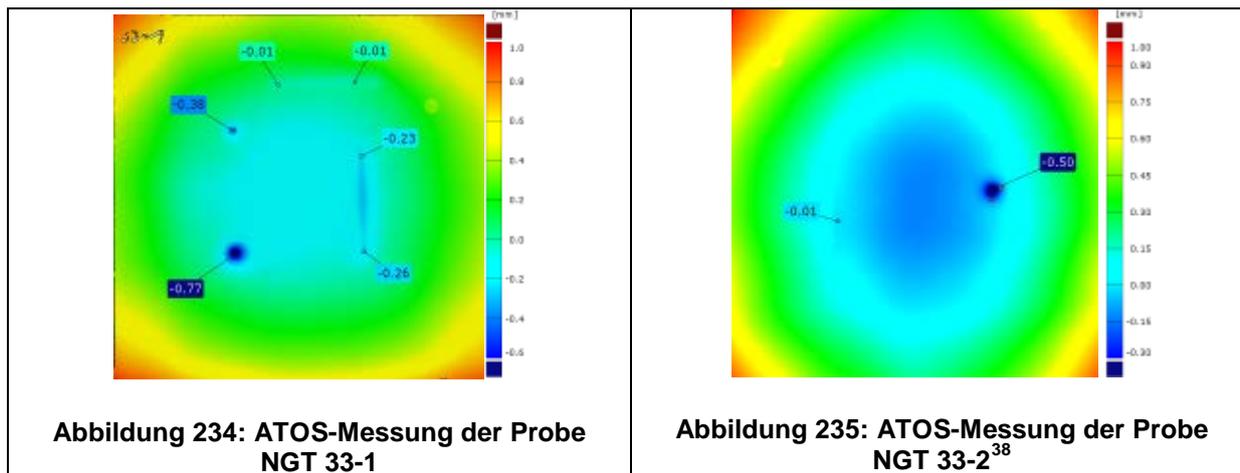


Tabelle 107: ATOS-Messungen der Probenserie NGT 33

Die Ergebnisse der Prüfungen sind Tabelle 108 bis Tabelle 111 zu entnehmen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 33-1-1-1	-0,5	-0,38	
NGT 33-1-1-2	-0,5	-0,77	-0,58

Tabelle 108: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 33-1-1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 33-1-1-1	-0,25	-0,01	
NGT 33-1-1-2	-0,25	-0,23	-0,12

Tabelle 109: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 33-1-1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 33-1-1	-0,5	-0,5	-0,5

Tabelle 110: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 33-1-2

³⁸ Von der anderen Seite ist keine ATOS Messung vorhanden

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 33-1-2	-0,25	-0,01	-0,01

Tabelle 111: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 33-1-2

3.31. Probe NGT 34

Diese 4 Proben wurden uns von dem Hersteller Nextrusion für die Prüfung zugeschickt. Der Materialname lautet Kaypla[®], dabei handelt es sich um ein Sandwich, welches Deckschichten aus Aluminium und einen Kern aus Thermoplastbändern aufweist [22]. Den schematischen Aufbau verdeutlicht Abbildung 236. Weitere Informationen der Probe und des Materials sind der Tabelle 112 zu entnehmen. Zwei der Proben sind an den Hersteller zurück geschickt worden und zwei sind im Institut FA verblieben.



Abbildung 236: Querschnitts-Skizze Probe NGT 34

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 34	4 (2) ³⁹	16.02.2011	4	5.516

Tabelle 112: Probenserie NGT 34

Alle Probenserie NGT 34 im Querschnitt sind in Tabelle 113 zusammengefasst.

	
<p>Abbildung 237: Probe NGT 34-1 im Querschnitt</p>	<p>Abbildung 238: Probe NGT 34-2 im Querschnitt</p>
	
<p>Abbildung 239: Probe NGT 34-3 im Querschnitt</p>	<p>Abbildung 240: Probe NGT 34-4 im Querschnitt</p>

Tabelle 113: Probenserie NGT 34 im Querschnitt

Nach der Prüfung wurden keine Fotos von den Proben NGT 34-1 und NGT 34-2 gemacht. Die restlichen Proben sieht man in der Tabelle 114. Bei der Prüfung wurden keine Fotos gemacht.

³⁹ Zwei Proben gingen direkt an den Hersteller zurück.

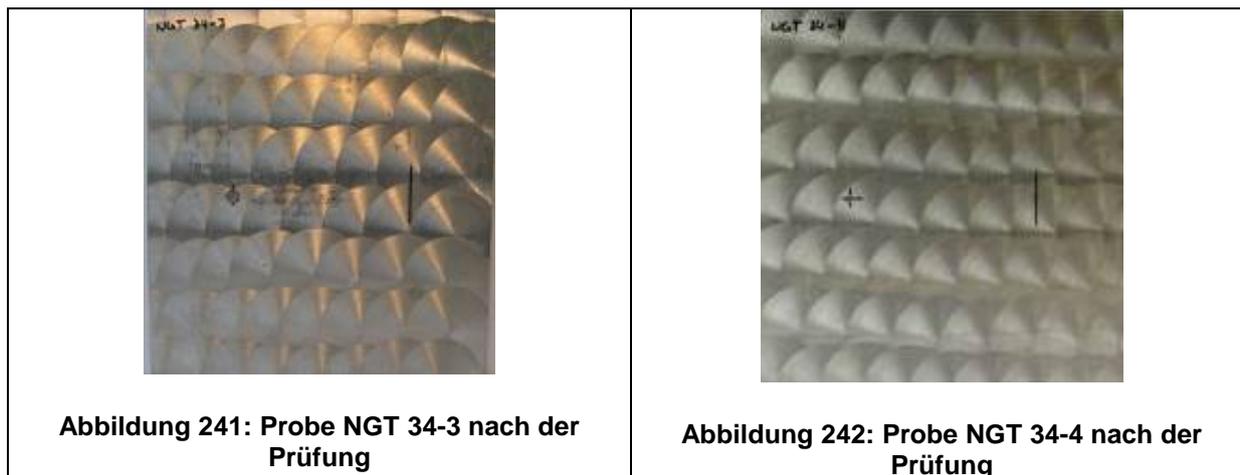


Tabelle 114: Probenserie NGT 34 nach der Prüfung

Abbildung 243 und Abbildung 244 zeigen die Diagramme der Versuche. Der Kurvenverlauf weist nicht auf Schäden hin.

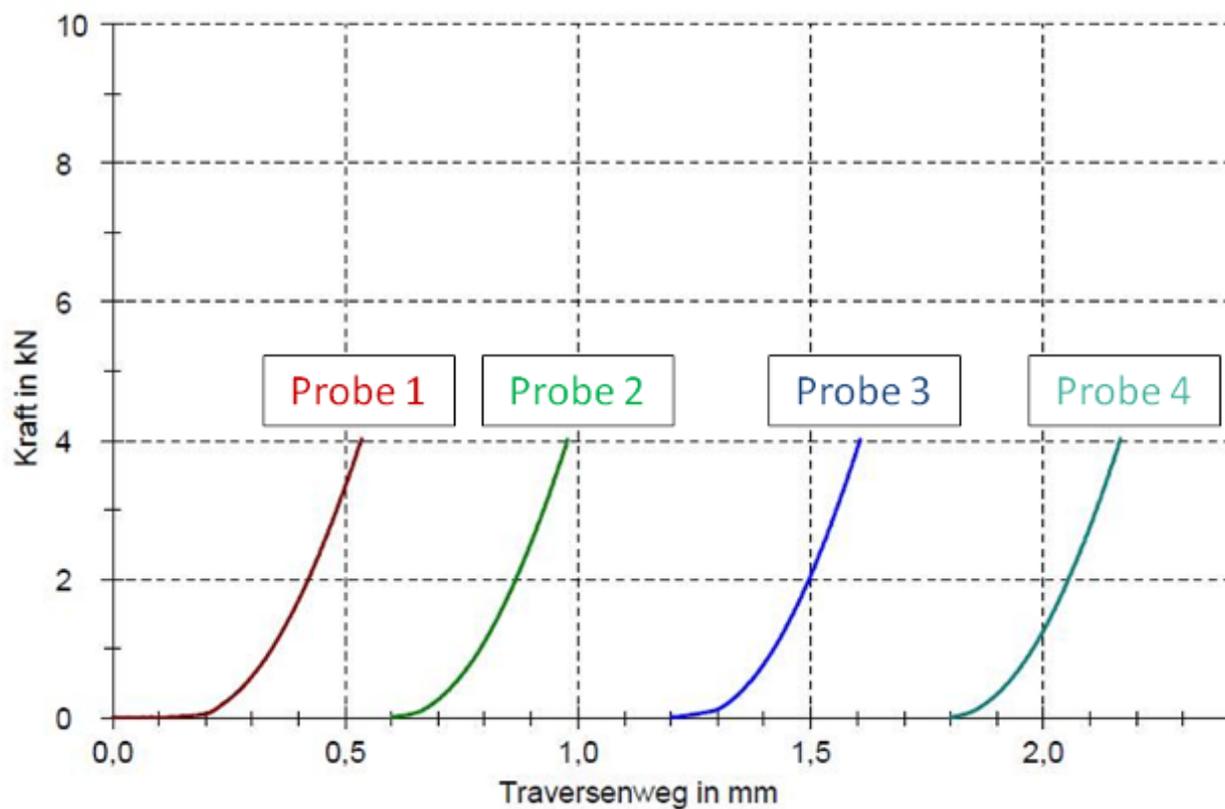


Abbildung 243: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 34

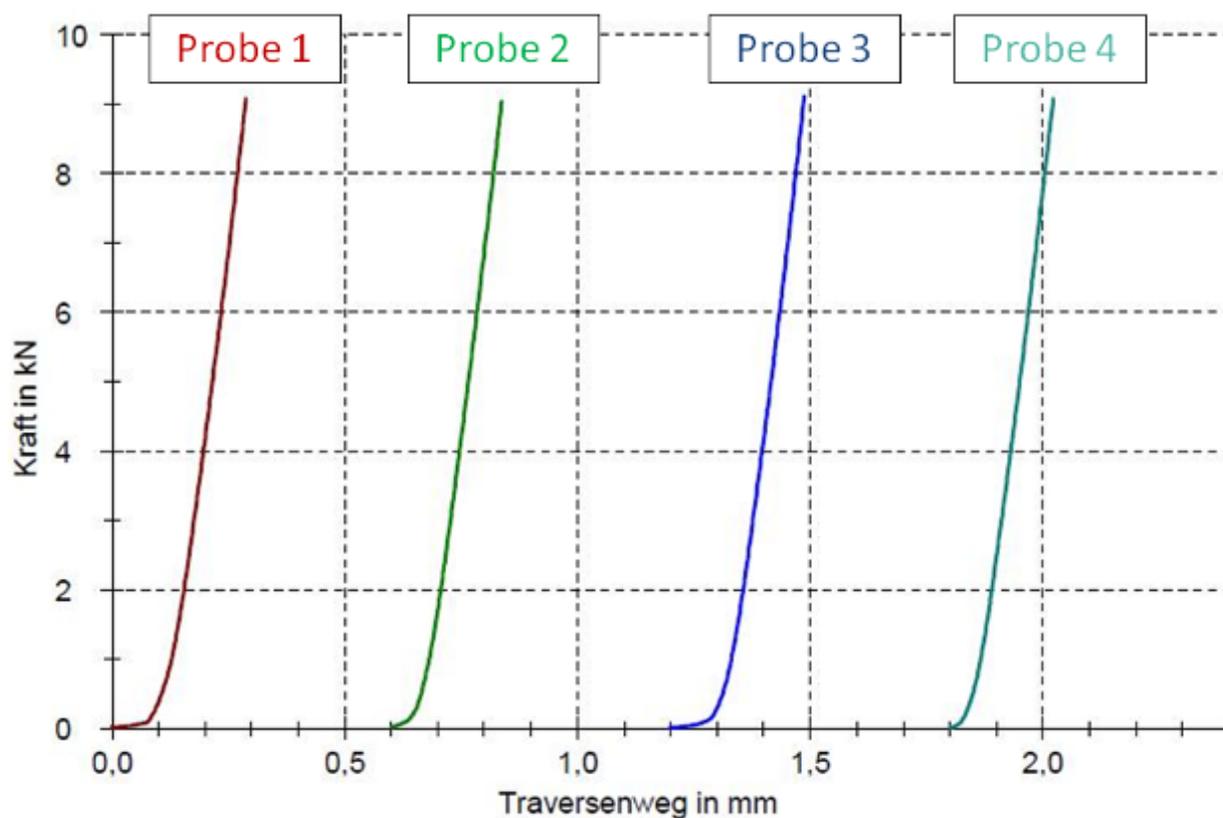


Abbildung 244: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 34

3.31.1. Auswertung der Probenserie NGT 34

Insgesamt wurde jeweils einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle auf jede Probe gedrückt. Die Kurvenverläufe sind regelmäßig und lassen keine Schlüsse auf Schäden des Materials zu. Tabelle 115 zeigt die dazugehörigen ATOS-Messungen. Hier wurden nur die beiden noch im Institut FA verbliebenden Proben gemessen. Die gemessenen Eindrücke unterschreiten die maximal vorgegebenen Werte. Die gelben runden Bereiche müssen bei der Fertigung der Platten entstanden sein. Sie stammen definitiv nicht vom Test, da der Wert positiv ist, also eine Ausbeulung darstellt. Die Unebenheit der Proben wird durch die Messung auch deutlich.

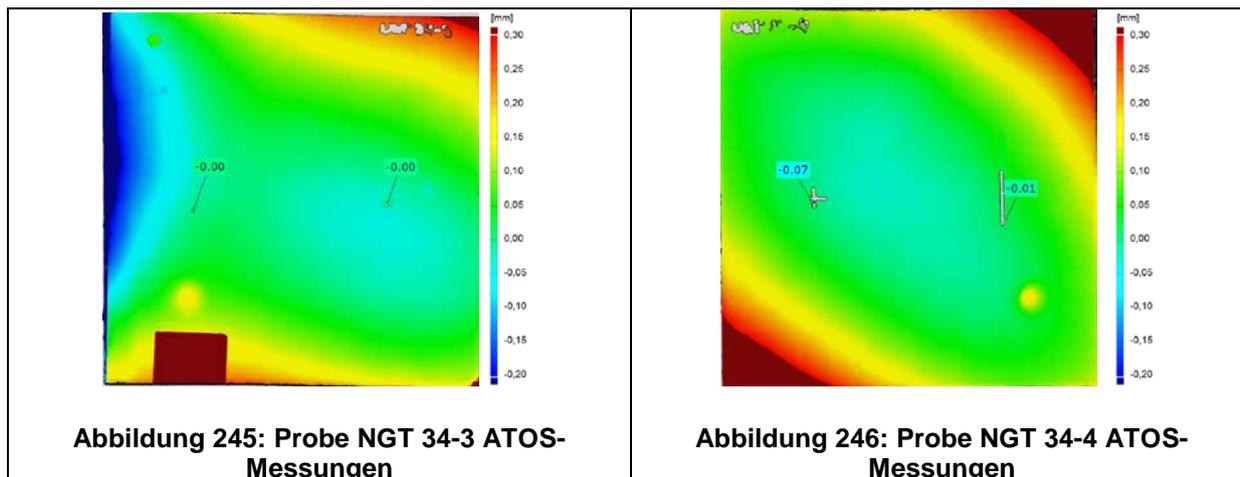


Tabelle 115: ATOS-Messung der Probenserie NGT 34

Tabelle 116 und Tabelle 117 fassen die Ergebnisse der Messungen zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 34-3	-0,5	0	-0,04
NGT 34-4		-0,07	

Tabelle 116: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probenserie NGT 34

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 34-3	-0,25	0	-0,01
NGT 34-4		-0,01	

Tabelle 117: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probenserie NGT 34

3.32. Probe NGT 35

Die Probe 35 wurde von der Firma Kraiburg mit einer Heizpresse gefertigt und dem Institut FA zur Verfügung gestellt. Im Wechsel wurden Elastomer und GfK-Prepreg verarbeitet. Abgeschlossen wird das Material mit einer UHMW⁴⁰-PE⁴¹ Schicht. Schematisch ist die Probe auf Abbildung 247 zu sehen. Diese ist besonders glatt und sollte das Verschieben auf Kugel- und Rollenbahnen erleichtern. Das verwendete Elastomer hat die Bezeichnung SAA 9509/22, das Basispolymer ist EPDM [9]. Die Farbe ist schwarz, wodurch die ganze Probe schwarz erscheint, obwohl helle CfK-Prepreg Schichten dazwischen liegen. Das Prepreg wurde von der Firma Gurit bezogen und trägt die Bezeichnung EHG241-300-45 [12]. Es ist nur eine Probe vorhanden. Weitere Informationen können Tabelle 118 entnommen werden.

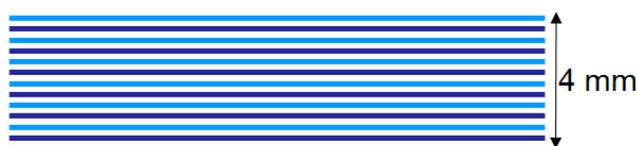


Abbildung 247: Querschnitts-Skizze Probe NGT 35

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 35	1	29.08.2011 und 30.08.2011	225 x 142	4	4.980

Tabelle 118: Probe NGT 35

Die Probe 35 im Querschnitt zeigt Abbildung 248.



Abbildung 248: Probe NGT 35 im Querschnitt

Abbildung 249 zeigt die Probe NGT 35 während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel. Die Probe während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle ist auf Abbildung 250 zu sehen.

⁴⁰ ultrahochmolekular

⁴¹ Polyethylen

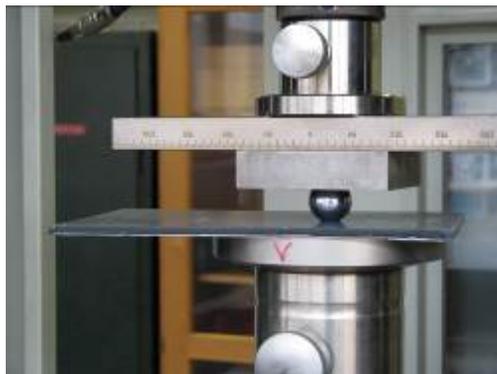


Abbildung 249: Probe NGT 35 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

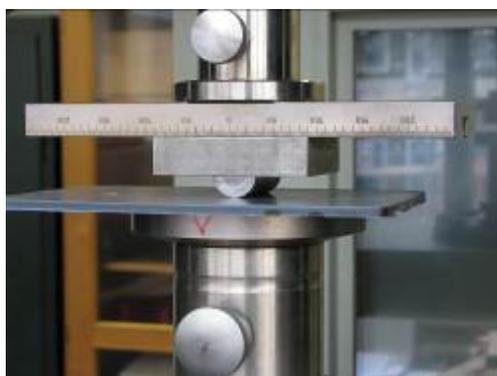


Abbildung 250: Probe NGT 35 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Die Diagramme der Versuche sind auf den Abbildung 251 und Abbildung 252 zu sehen. Der Kurvenverlauf lässt auf keinen Schaden schließen.

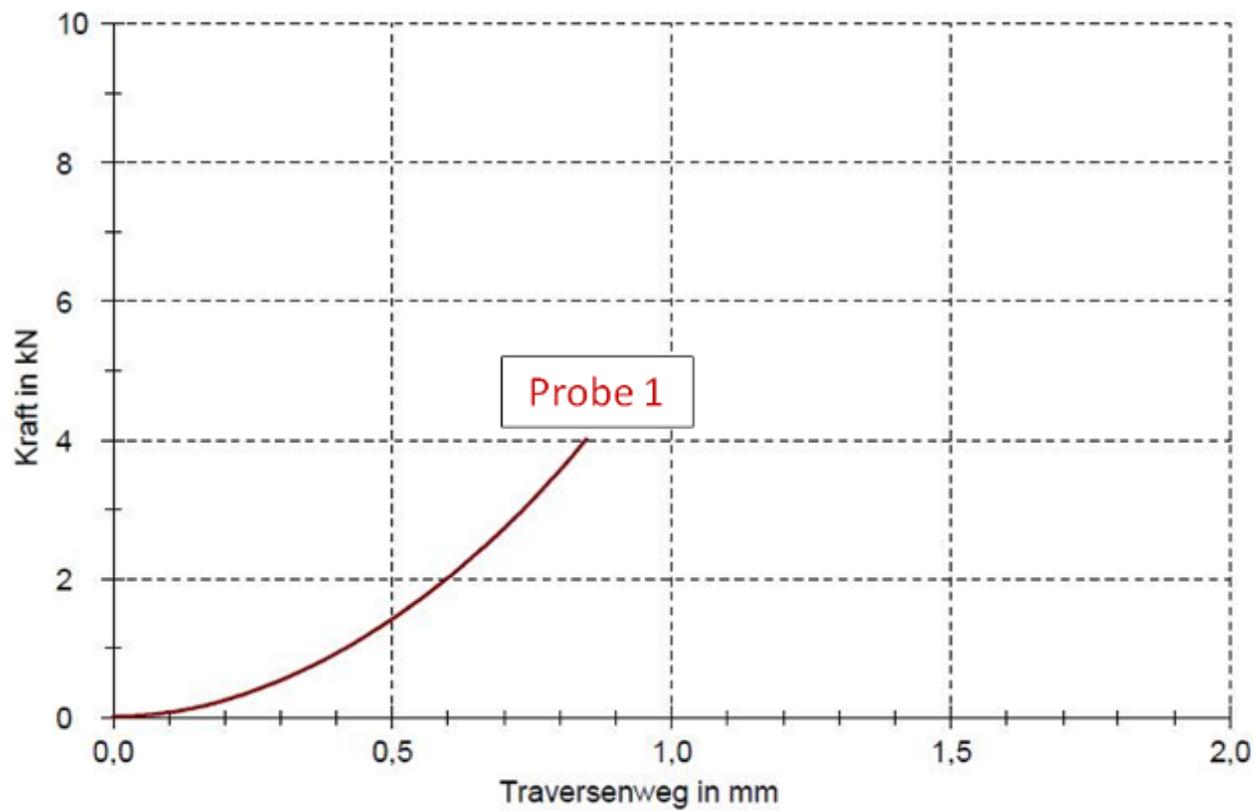


Abbildung 251: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 35

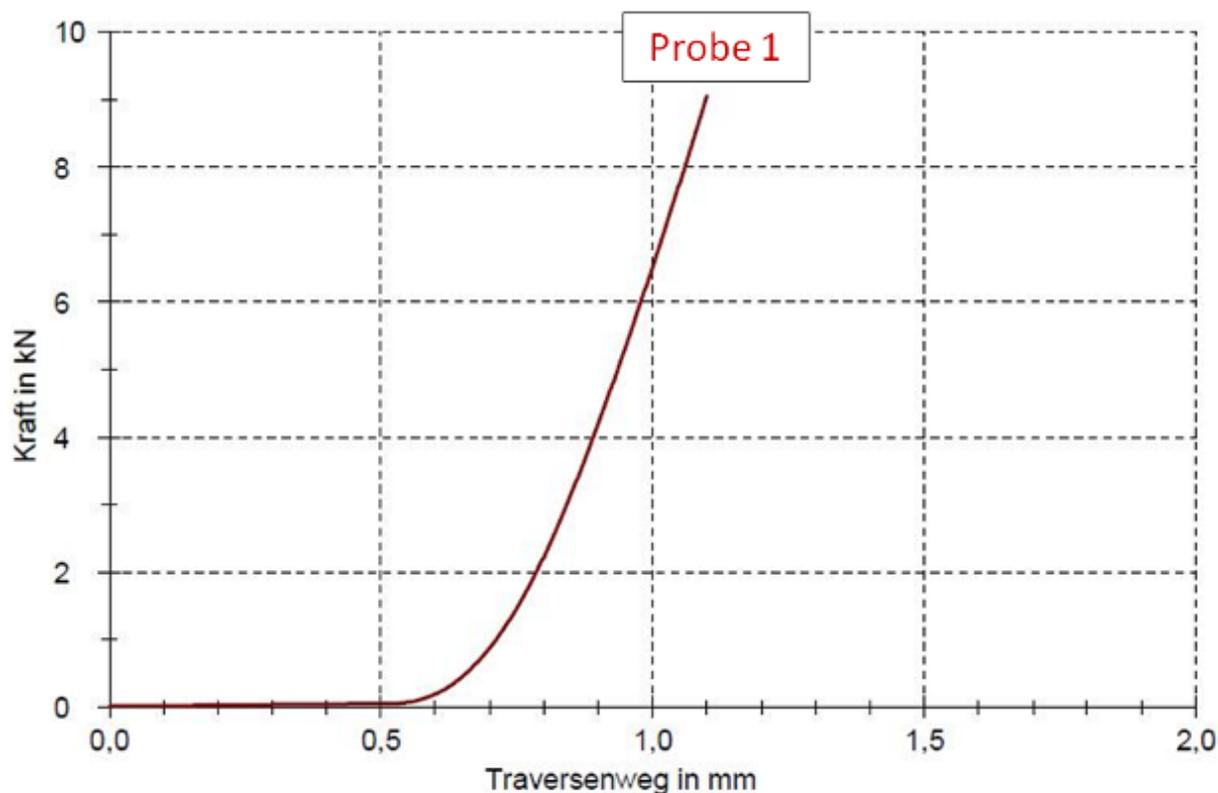


Abbildung 252: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 35

Abbildung 253 zeigt die Probe nach der Prüfung. Der optisch wahrnehmbare Eindruck hat sich nach einem Tag deutlich reduziert.

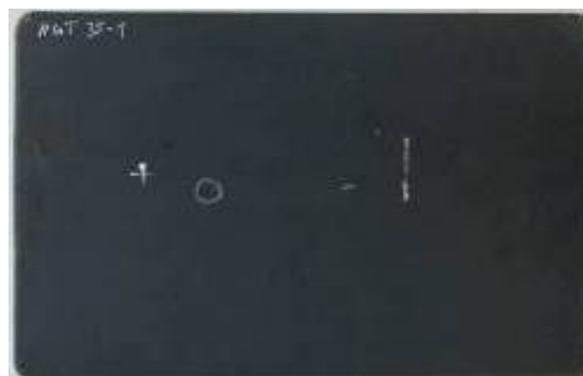


Abbildung 253: Probe NGT 35-1 nach der Prüfung

3.32.1. Auswertung der Probe NGT 35

Es wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle auf die Probe gedrückt. Dabei sei zu beachten, dass der Eindruck nicht auf dem Kreuz gemacht wurde. Die Kurvenverläufe weisen keine Unregelmäßigkeiten auf. Die ATOS-Messung ist auf Abbildung 254 zu sehen. Der Eindruck der Kugel liegt unter dem maximal erlaubten Wert. Der Eindruck der Rolle ist so gering, dass er nicht messbar ist.

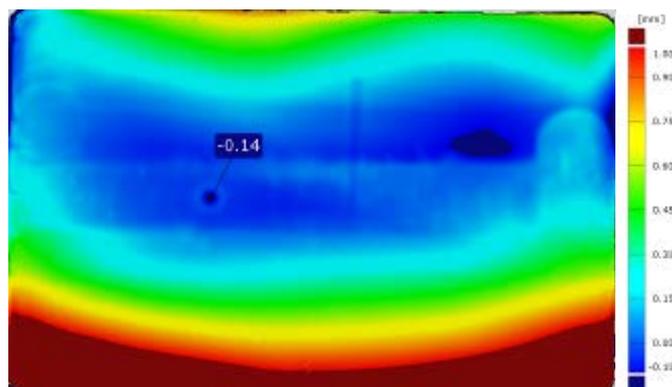


Abbildung 254: ATOS-Messung der Probe NGT 35-1

Tabelle 119 und Tabelle 120 fassen die Ergebnisse der Messungen

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 35	-0,5	-0,14	-0,14

Tabelle 119: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 35

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 35	-0,25	0	0

Tabelle 120: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 35

3.33. Probe NGT 36

Auch diese Probe wurde von der Firma Kraiburg mit einer Heizpresse hergestellt und dem Institut FA zur Verfügung gestellt. Der Aufbau ist ähnlich dem der Probe 35. CfK-Prepreg und EPDM sind im Wechsel angeordnet. Es gibt allerdings keine PE-Schicht. Dafür oben und unten eine zusätzliche GfK-Lage. Schematisch ist der Aufbau auf Abbildung 255 zu sehen. Prepreg und EPDM sind identisch zu der Probe 35 (EHG 241-300-45-T2 [12] bzw. SAA 9509/22 [9]). Es ist auch hiervon nur eine Probe vorhanden. Weitere Informationen können Tabelle 121 entnommen werden.

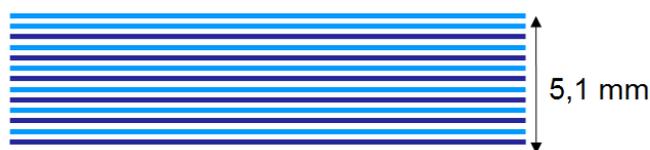


Abbildung 255: Querschnitts-Skizze Probe NGT 36

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 36	1	29.08.2011 und 30.08.2011	225 x 142	5,1	6.238

Tabelle 121: Probenserie NGT 36

Die Probe im Querschnitt zeigt Abbildung 256.



Abbildung 256: Probe NGT 36 im Querschnitt

Abbildung 257 zeigt die Probe 36 während der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel und die Abbildung 258 verdeutlicht die Probe NGT 36 während der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle.

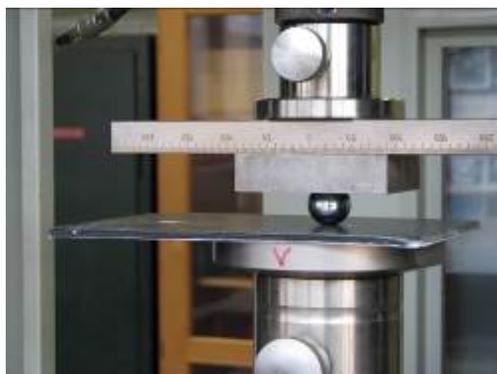


Abbildung 257: Probe NGT 36 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

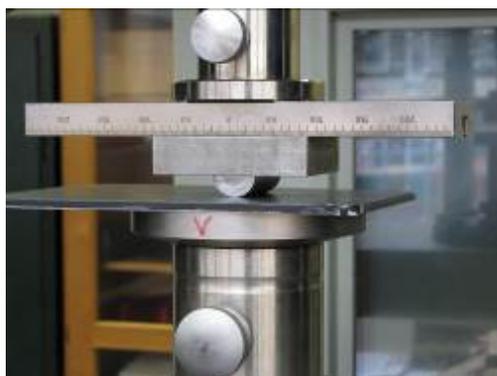


Abbildung 258: Probe NGT 36 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 259 zeigt die Probe nach der Prüfung. Ein Eindruck der Kugel ist direkt nach der Prüfung zu erkennen. Dieser verringert sich mit der Zeit wieder.

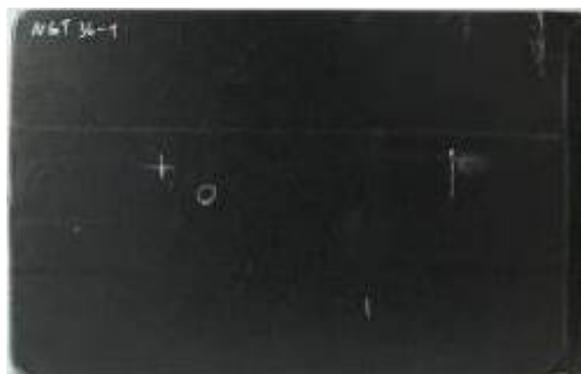


Abbildung 259: Probe NGT 36-1 nach der Prüfung

Die Ergebnisse der Probe 36 zeigen die Abbildung 260 und Abbildung 261.

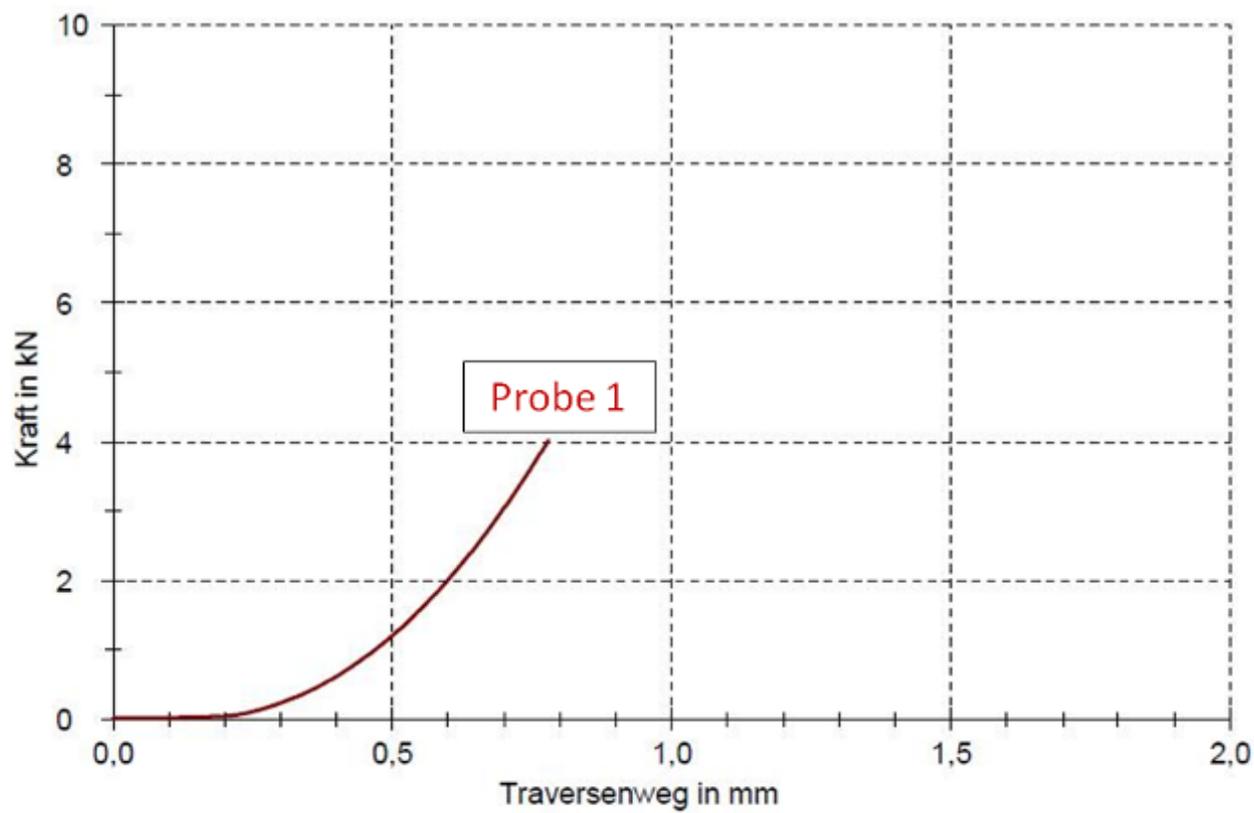


Abbildung 260: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 36

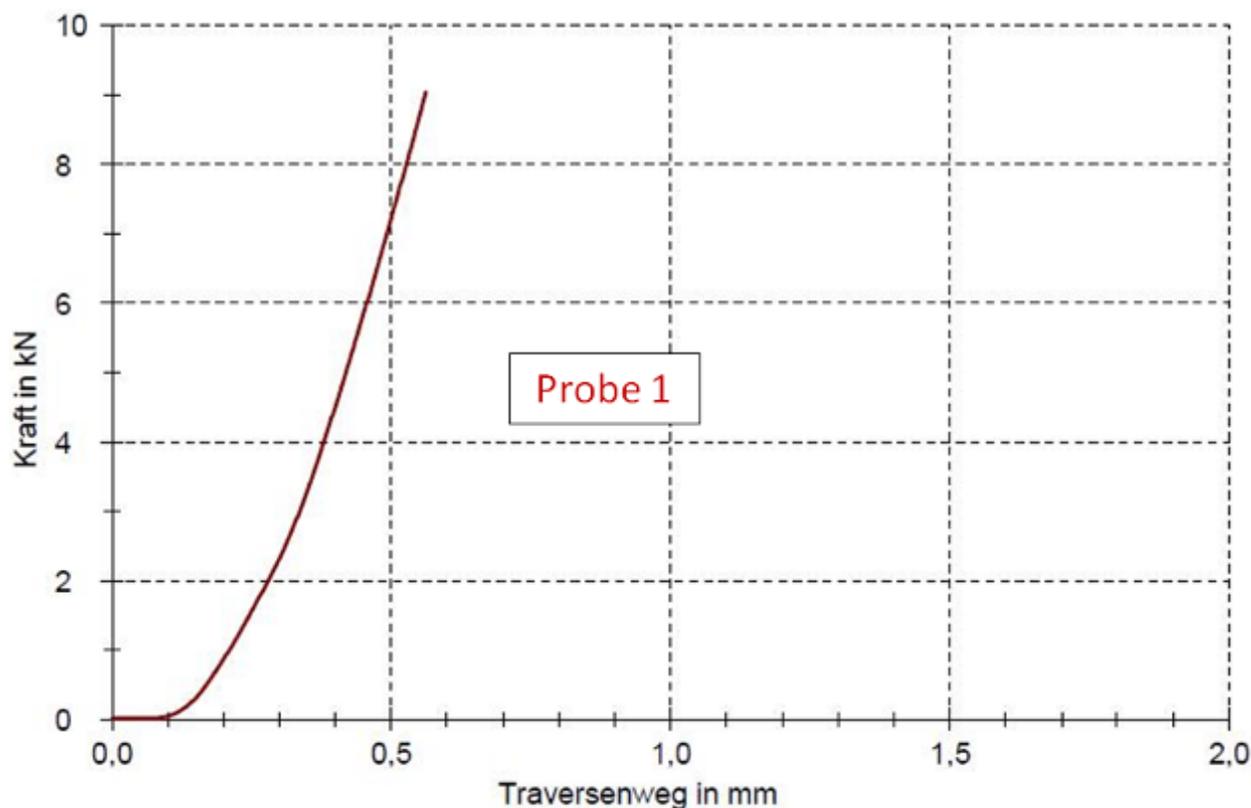


Abbildung 261: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 36

3.33.1. Auswertung der Probe NGT 36

Auf die Probe wurde einmal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal mit dem Eindringkörper Rolle gedrückt. Die Nachgiebigkeit bzw. Elastizität der Platte zeigt sich im flachen Anfangsbereich der Kurve. Es wurde die Seite geprüft auf der nicht die Glasfaser-Lage geprüft wurde. Der entstandene Abdruck hat sich nach einer Zeit wieder reduziert. Die Kurvenverläufe weisen keine Unregelmäßigkeiten auf, was auf keine Schäden der Probe schließen lässt. Die ATOS-Messung der Probe 36 zeigt Abbildung 262. Auch diese Probe ist nicht eben. Der Eindruck der Kugel ist geringer als die maximal erlaubte Tiefe. Der Eindruck der Rolle ist so gering, dass dieser nicht messbar ist.

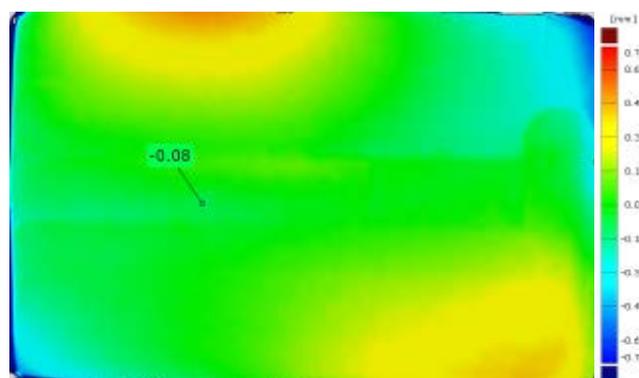


Abbildung 262: ATOS-Messung der Probe NGT 36

Tabelle 122 und Tabelle 123 fassen die Ergebnisse der Prüfungen von Probe 36 zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 36	-0,5	-0,08	-0,08

Tabelle 122: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 36

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 36	-0,25	0	-0,25

Tabelle 123: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper der Rolle der Probe NGT 36

3.34. Probe NGT 37

Diese Probe wurde im Institut FA in einem Autoclav gefertigt. Ähnlich wie bei der Probe 36 wurde ein Elastomer und ein CFK-Prepreg im Wechsel angeordnet. Die schematische Querschnitts-Skizze zeigt Abbildung 263. Allerdings wurde hier ein Elastomer mit dem Basispolymer EVA (kein EPDM) verwendet. Hintergrund ist hier der verbesserte Brandschutz dieses Basispolymers, welches auch von der Firma Kraiburg hergestellt wird. Die genaue Bezeichnung lautet HHZ1907/59 [8]. Optisch lässt es sich gut vom EPDM unterscheiden, da es eine weiße statt einer schwarzen Farbe hat. Weitere Informationen können Tabelle 124 entnommen werden. Die Probe wurde beidseitig geprüft, da das Laminat unsymmetrisch ist.

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 37	1	21.02.2012	200 x 200	5,7	9.380

Tabelle 124: Probenserie NGT 37

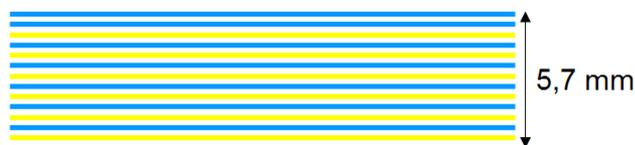


Abbildung 263: Querschnitts-Skizze Probe NGT 37

Abbildung 264 zeigt die Probe NGT 31 im Querschnitt.



Abbildung 264: Probe NGT 31 im Querschnitt

Abbildung 265 und Abbildung 266 zeigen Probe 37-1-1 während der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel bzw. während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle. Abbildung 267 und Abbildung 268 veranschaulichen dies für die andere Seite der Probe.

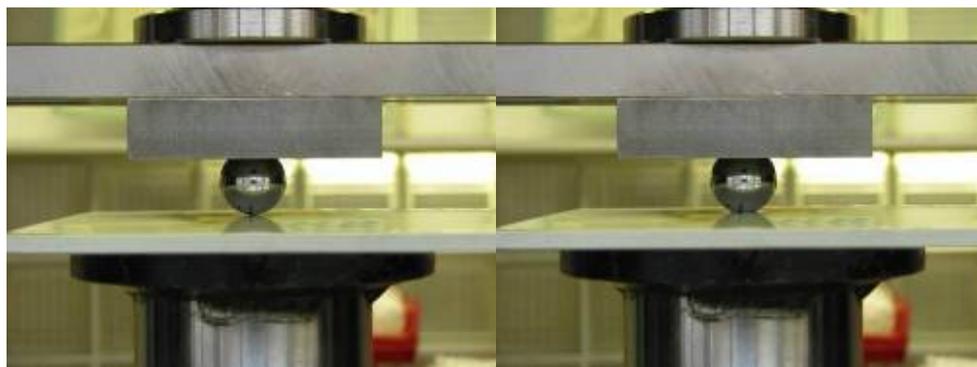


Abbildung 265: Probe NGT 37-1-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

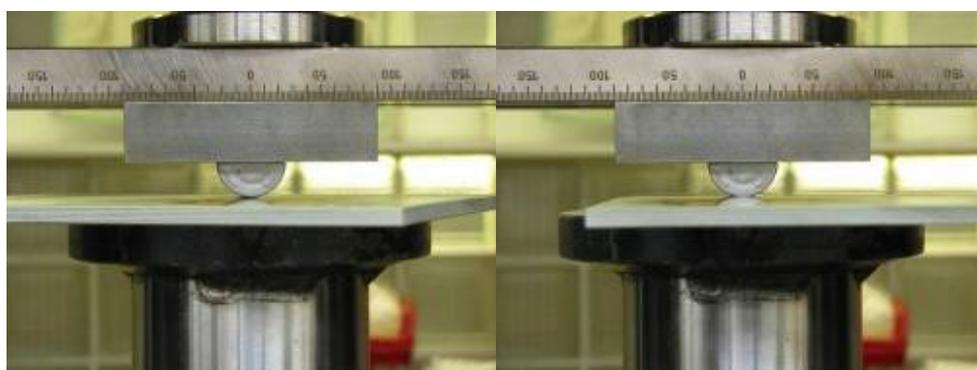


Abbildung 266: Probe NGT 37-1-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

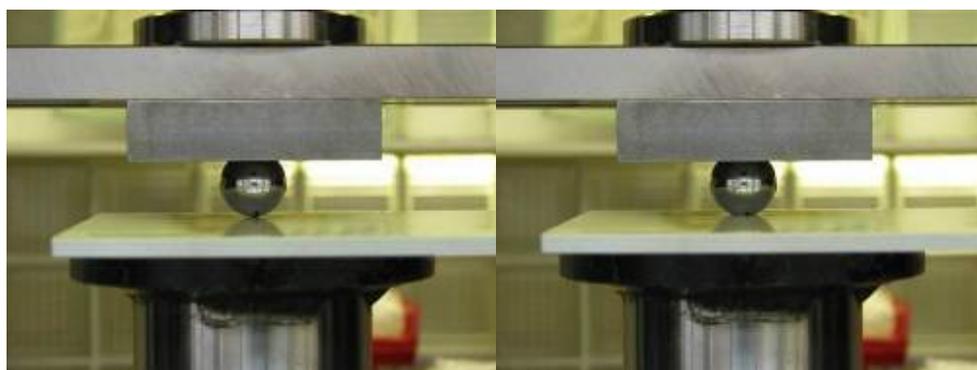


Abbildung 267: Probe NGT 37-1-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

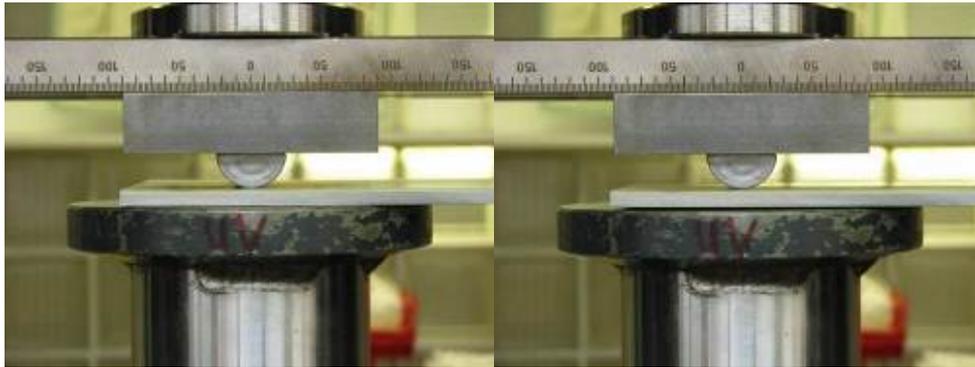


Abbildung 268: Probe NGT 37-1-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 270 zeigt die Probe NGT 37-1-1 nach der Prüfung.



Abbildung 269: Probe NGT 37-1-1 nach der Prüfung

Die Diagramme der beiden Prüfungen zeigen Abbildung 270 bis Abbildung 273.

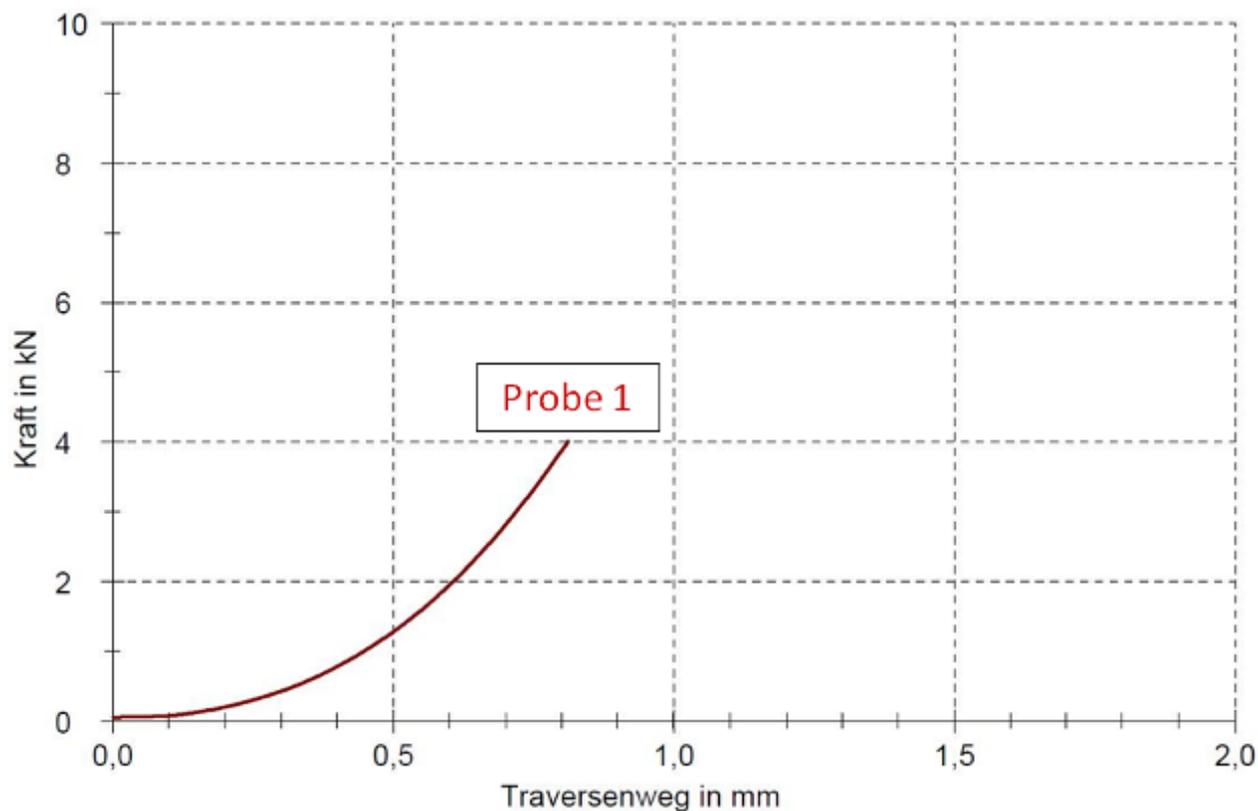


Abbildung 270: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-1

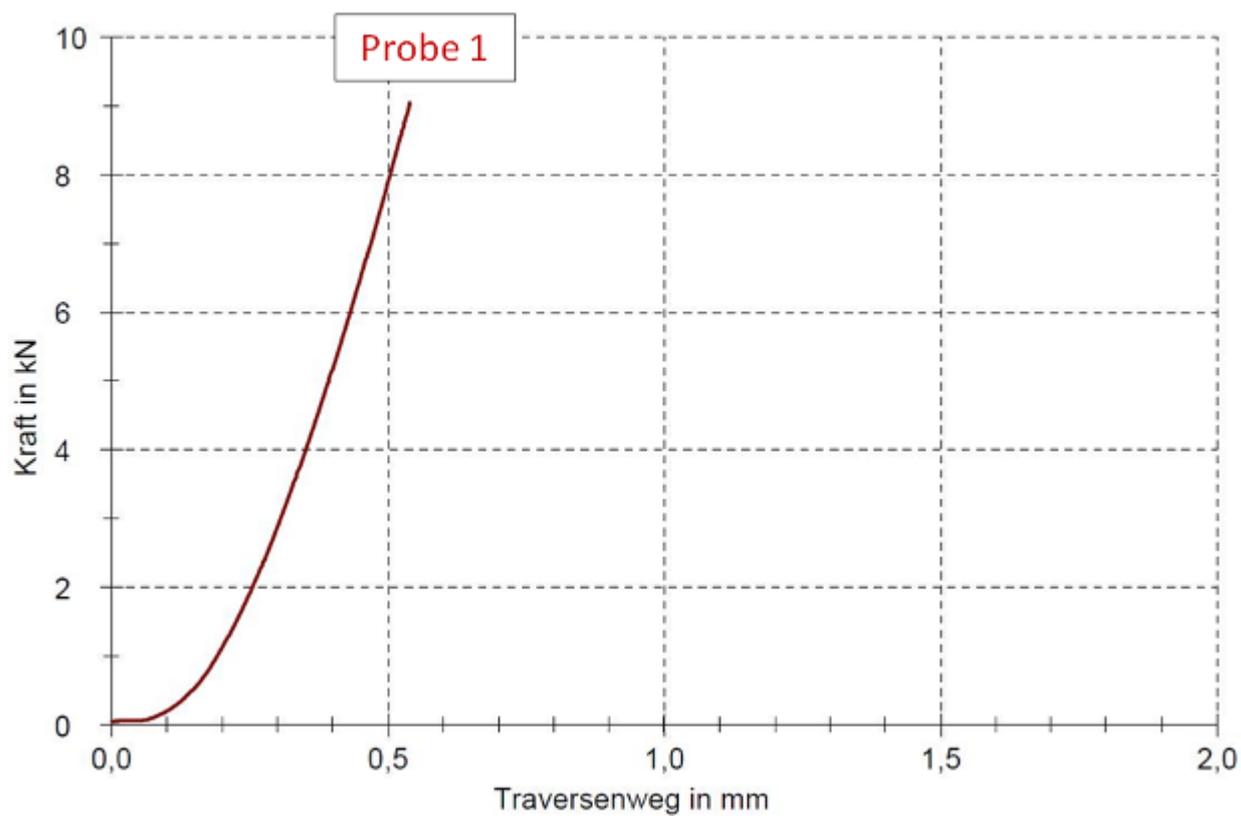


Abbildung 271: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1

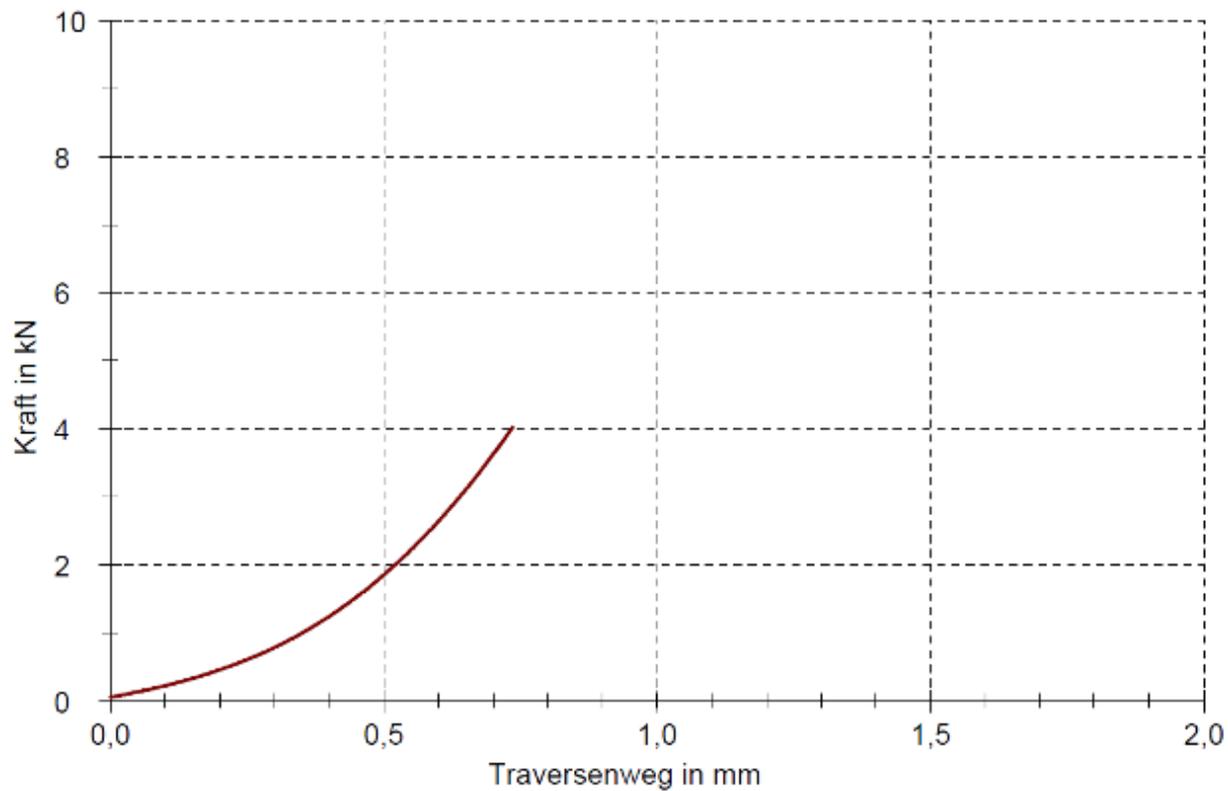


Abbildung 272: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-2

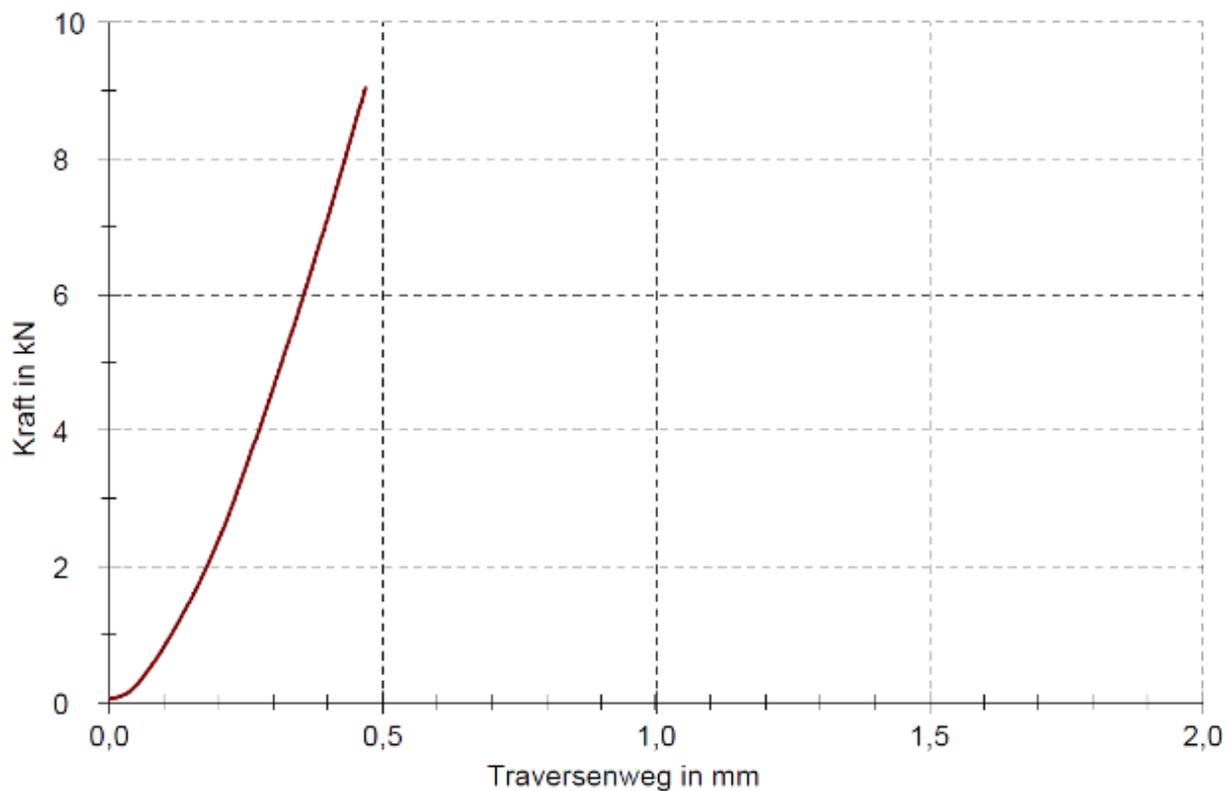


Abbildung 273: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-2

3.34.1. Auswertung der Probenserie NGT 37

Insgesamt wurde beidseitig einmal mit dem Eindringkörper Kugel sowie mit dem Eindringkörper Rolle auf die Probe gedrückt. Trotz des unsymmetrischen Aufbaus sind die Kurvenverläufe der beiden Eindringkörper ähnlich. Sie weisen keine Unregelmäßigkeiten auf, was darauf schließen lässt, dass kein Schaden vorliegt. Die ATOS-Messung der Probe 37-1-1 zeigt Abbildung 274. Gleiches gibt Abbildung 275 für die Probe 37-1-2 an. Die Eindrücke sind hier so gering, dass diese nicht messbar sind.

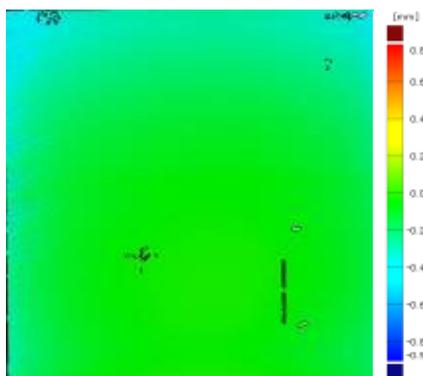


Abbildung 274: ATOS-Messung der Probe NGT 37-1-1

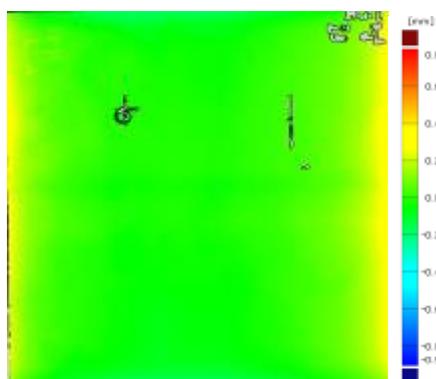


Abbildung 275: Probe NGT 37-1-2 ATOS-Messung

Tabelle 125 bis Tabelle 128 fassen die Ergebnisse der Versuche zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 37	-0,5	0	0

Tabelle 125: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe 37-1-1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 37	-0,25	0	0

Tabelle 126: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 37	-0,5	0	0

Tabelle 127: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 37-1-2

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 37	-0,25	0	0

Tabelle 128: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 37-1-1

3.35. Probe NGT 38

Diese Probe ist ähnlich aufgebaut wie Probe NGT 37. Die unterste Lage, vergleiche Abbildung 276, ist hier eine UHMW-PE Schicht anstatt einer CfK-Lage. Auch diese Probe wurde im Institut FA in einem Autoclav hergestellt. Es ist nur eine Probe vorhanden. Weitere Informationen können Tabelle 129 entnommen werden.

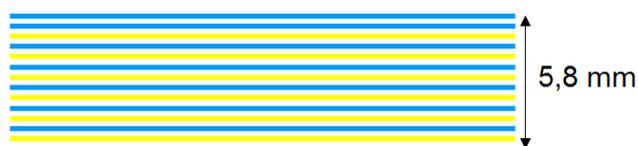


Abbildung 276: Querschnitts-Skizze Probe NGT 38

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 38	1	21.02.2012	200 x 200	5,8	9.163

Tabelle 129: Probenserie NGT 38

Abbildung 277 zeigt die Probe im Querschnitt.



Abbildung 277: Probe NGT 38 im Querschnitt

Während der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel wurde Abbildung 278 der Probe NGT 38 aufgenommen.

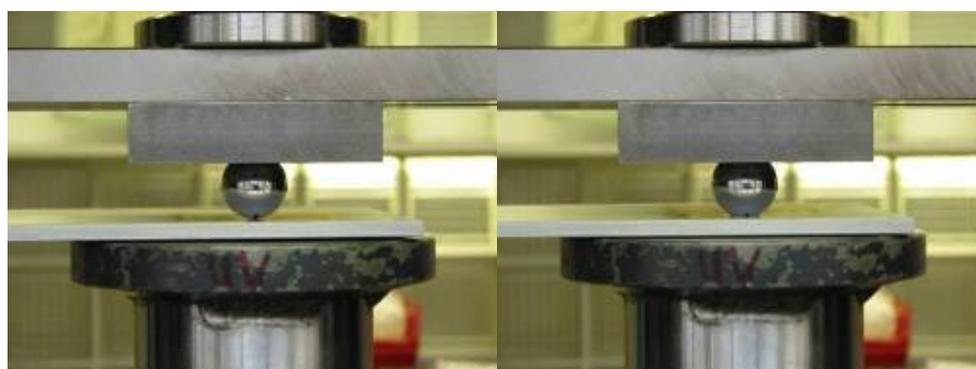


Abbildung 278: Probe NGT 38 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Abbildung 279 zeigt die Probe 38 während der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle.

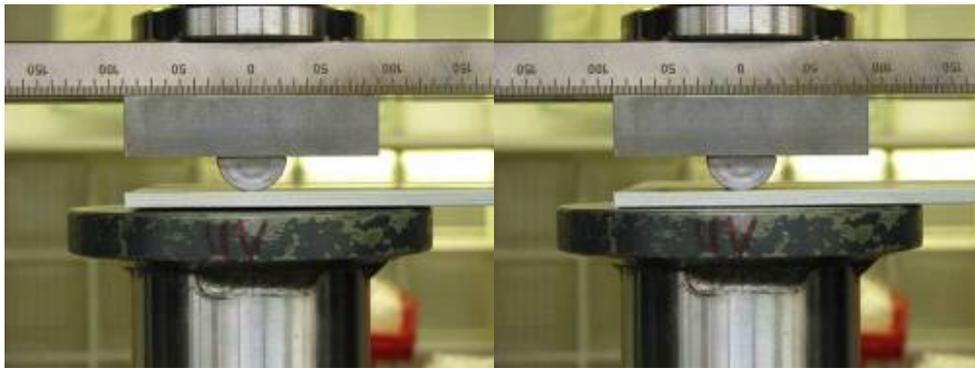


Abbildung 279: Probe NGT 38 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 280 und Abbildung 281 zeigen die Diagramme der Versuche.

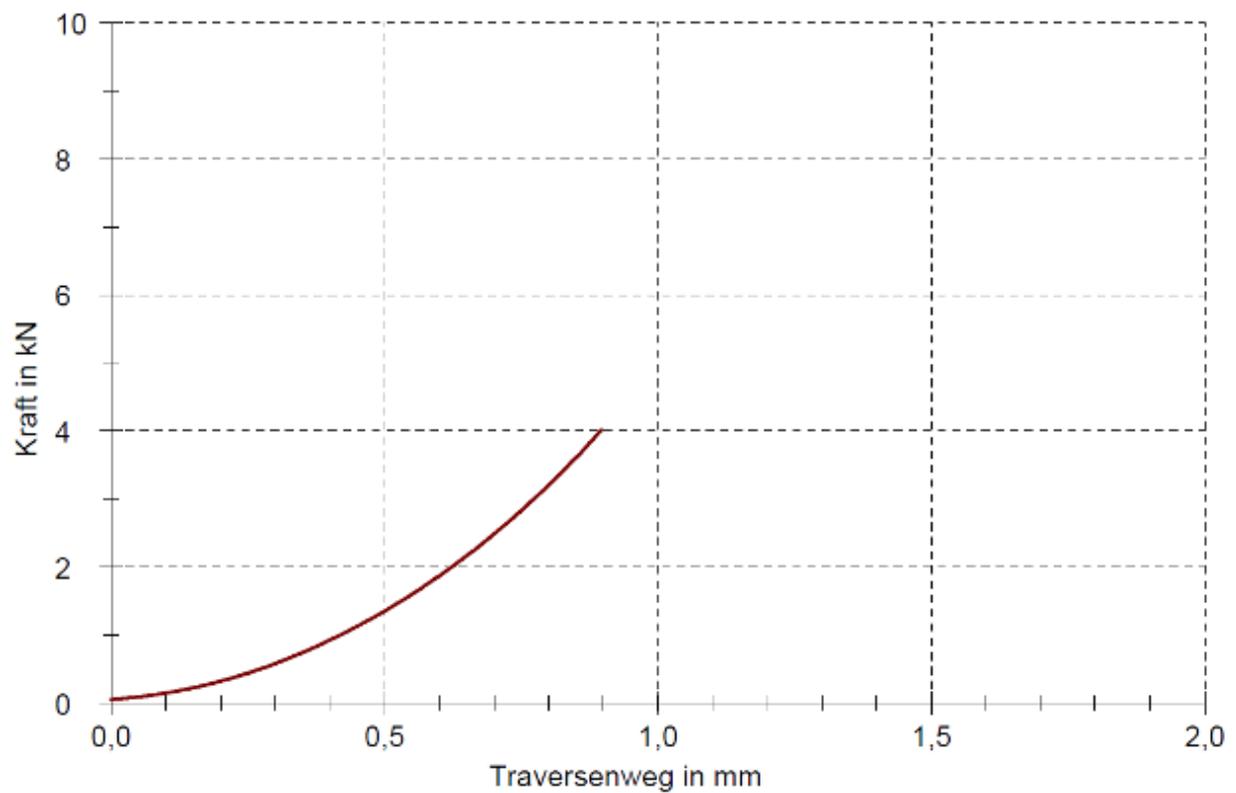


Abbildung 280: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 38

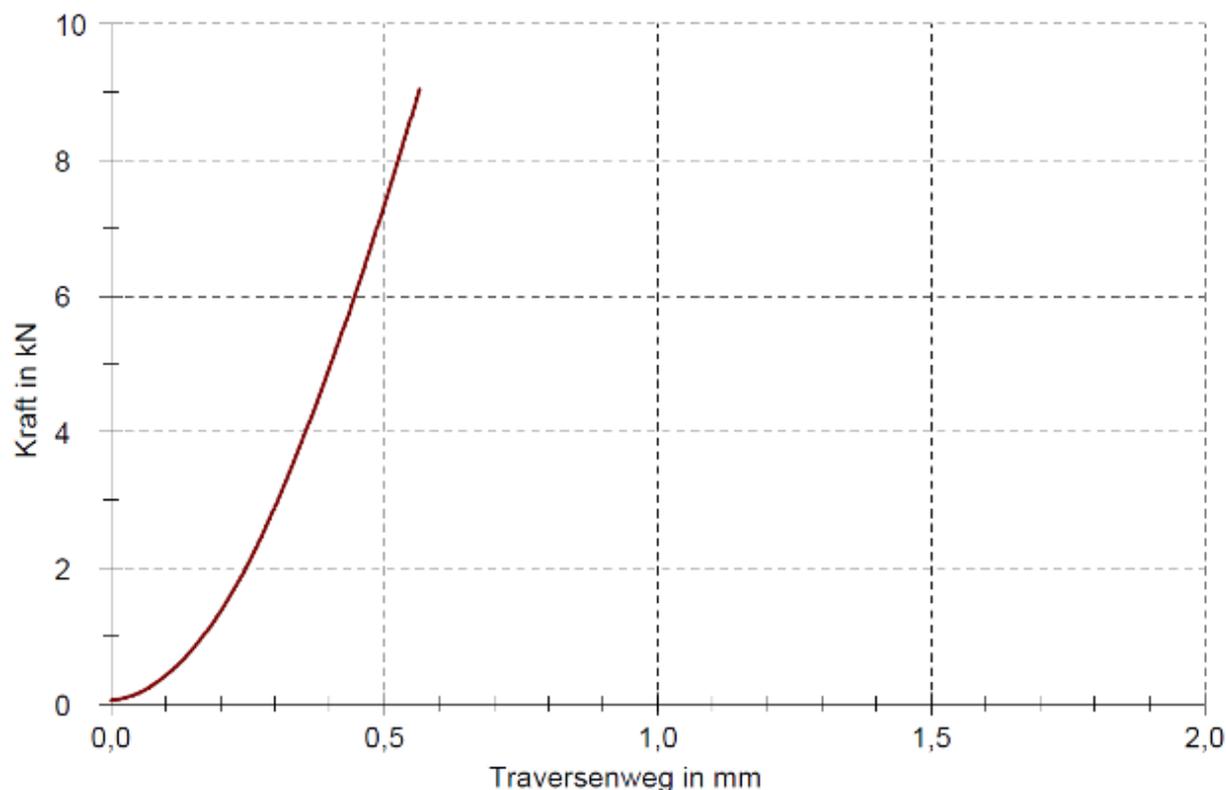


Abbildung 281: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 38

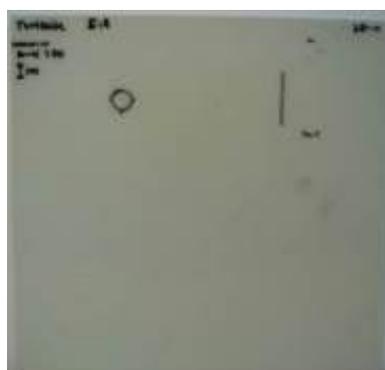


Abbildung 282: Probe NGT 38 nach der Prüfung

3.35.1. Auswertung der Probe NGT 38

Auf die Probe wurde einmal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal mit dem Eindringkörper Rolle gedrückt. Die Kurvenverläufe sind regelmäßig, was darauf schließen lässt, dass kein Schaden aufgetreten ist. Abbildung 283 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen. Die Eindrücke liegen unter den maximal erlaubten Tiefen.

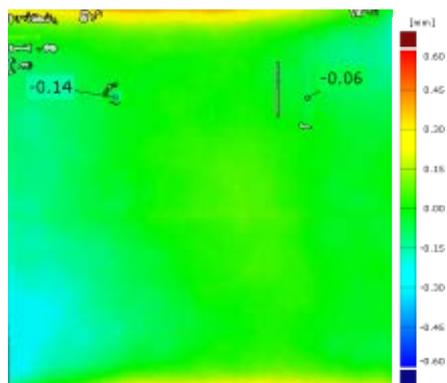


Abbildung 283: ATOS-Messung der Probe NGT 38

Tabelle 130 und Tabelle 131 fassen die Ergebnisse der Messungen für die Probe NGT 38 zusammen.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 38	-0,5	-0,14	-0,14

Tabelle 130: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 38

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 38	-0,25	-0,06	-0,06

Tabelle 131: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 38

3.36. Probe NGT 39

Die Probe ist eine Platte aus Hohlglasfasern, wie sie auch für die Proben NGT 30-32 verwendet wurde. Auch diese wurde intern gefertigt. Die schematische Darstellung der Probe stellt Abbildung 284 dar. Weitere Informationen können Tabelle 132 entnommen werden.



Abbildung 284: Querschnitts-Skizze Probe NGT 39

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 39	1	21.02.2012	180 x 175	1,1	1.467

Tabelle 132: Probenserie NGT 39

Der Querschnitt der Probe ist auf Abbildung 285 dargestellt.



Abbildung 285: Probe NGT 39 im Querschnitt

Die Probe 39 während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel zeigt Abbildung 286.

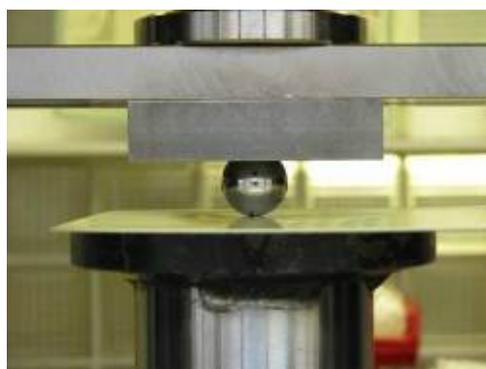


Abbildung 286: Probe NGT 39 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Abbildung 287 stellt die Probe NGT 39 während der Prüfung mit Eindringkörper Rolle dar.

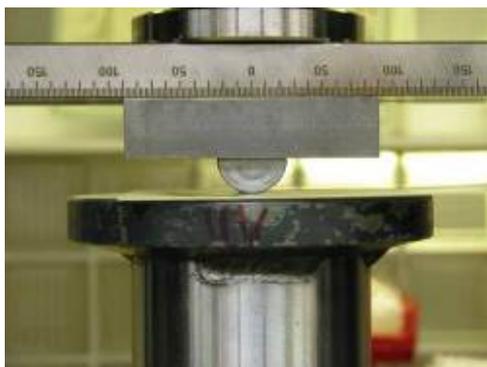


Abbildung 287: Probe NGT 39 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Die Probe NGT 39 nach der Prüfung zeigt Abbildung 288.

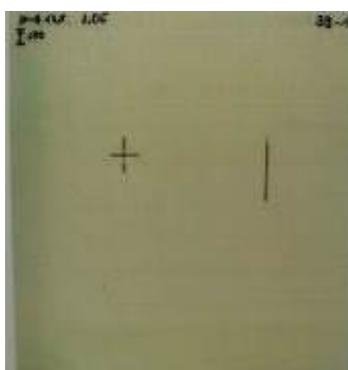


Abbildung 288: Probe NGT 39 nach der Prüfung

Abbildung 289 und Abbildung 290 zeigen die Diagramme der Ergebnisse der Probe 39.

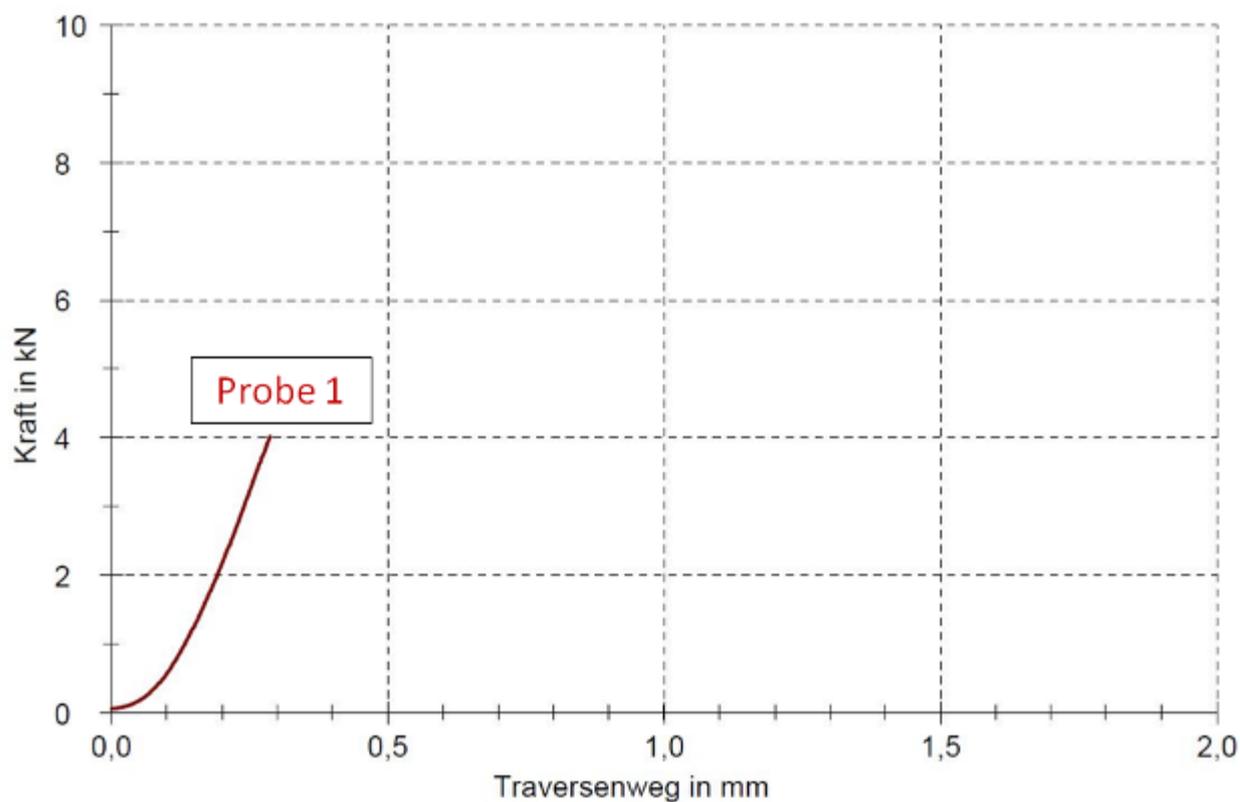


Abbildung 289: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 39

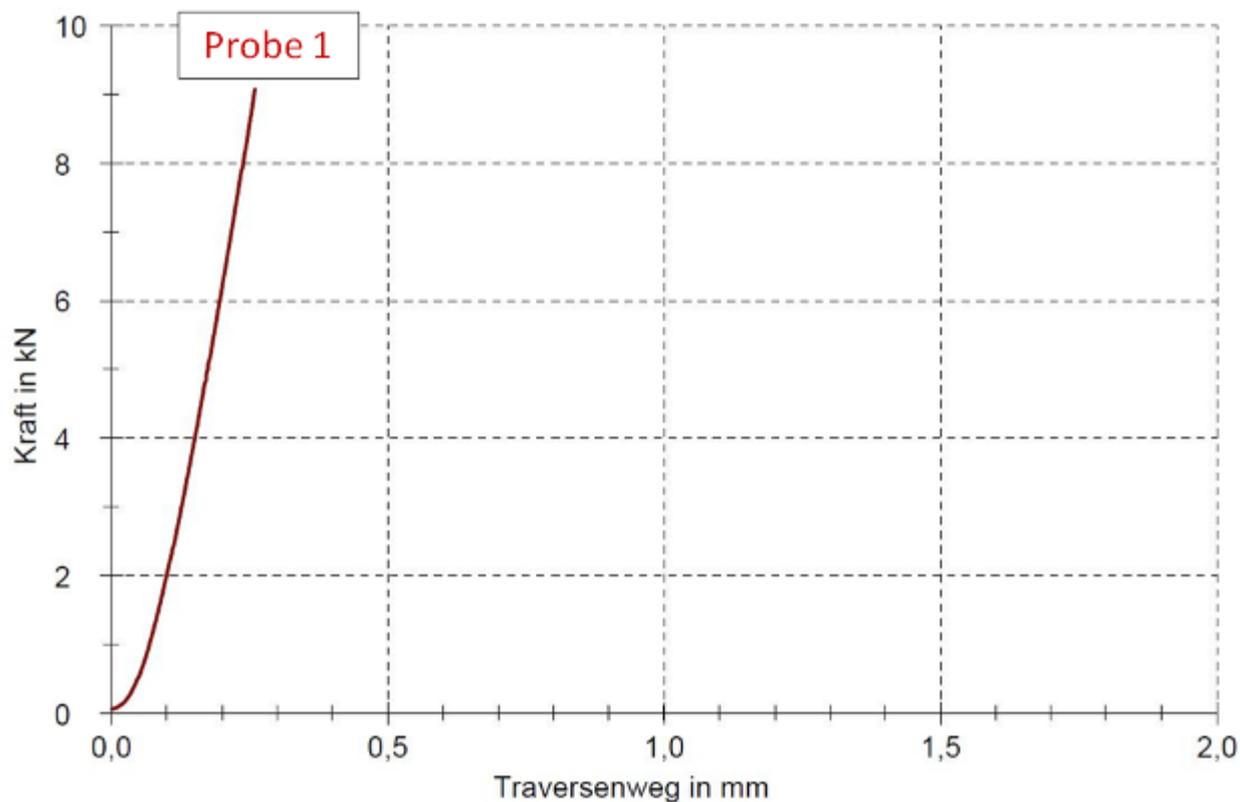


Abbildung 290: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 39

3.36.1. Auswertung der Probe NGT 39

Auf die Probe wurde einmal mit dem Eindringkörper Kugel und einmal mit dem Eindringkörper Rolle gedrückt. Die Kurvenverläufe sind regelmäßig, was darauf schließen lässt, dass kein Schaden aufgetreten ist. Abbildung 291 zeigt die Ergebnisse der ATOS-Messungen. Die Eindrücke der Eindringkörper sind so gering, dass diese nicht gemessen werden können. Die Unebenheit der Probe ist aber eindeutig erkennbar.

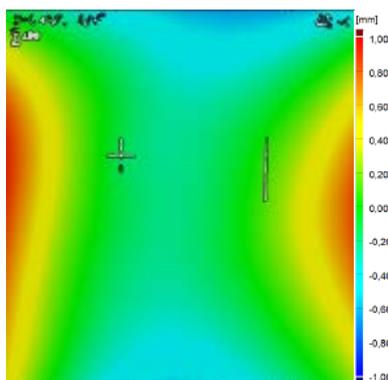


Abbildung 291: ATOS-Messung der Probe NGT 39

Tabelle 133 und Tabelle 134 zeigen die Ergebnisse der Versuche.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
39	-0,5	0	0

Tabelle 133: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 39

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
39	-0,25	0	0

Tabelle 134: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 39

3.37. Probe NGT 40

Bei der Probe 40 handelt es sich um eine reine GfK-Probe. Die Prüfungen wurden bei der Firma Invent durchgeführt, welche über das gleiche Testequipment verfügen wie das DLR. Die für die Prüfungen mit den Eindringkörpern Kugel und Rolle erforderlichen Teile, wurden Invent zur Verfügung gestellt. Weitere Informationen können Tabelle 135 entnommen werden.

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 40	1	19.10.2012	200 x 200	2,3	4.025

Tabelle 135: Probenserie NGT 40



Abbildung 292: Querschnitts-Skizze Probe NGT 40

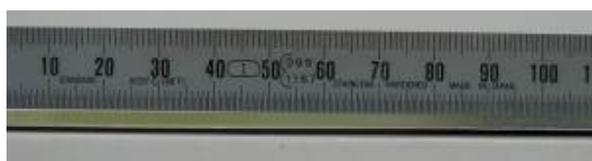


Abbildung 293: Probe NGT 40 im Querschnitt



Abbildung 294: Probe NGT 40 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel



Abbildung 295: Probe NGT 40 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

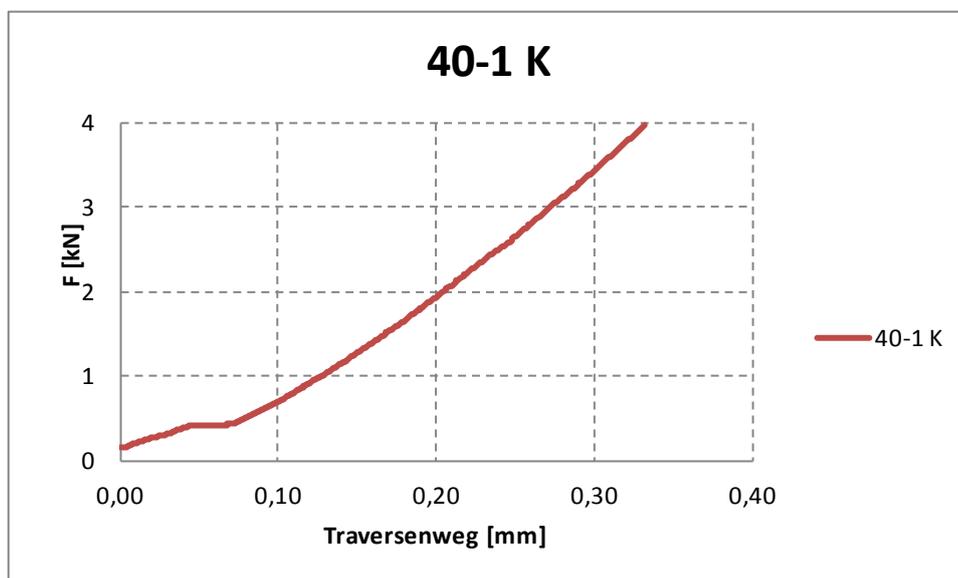


Abbildung 296: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 40

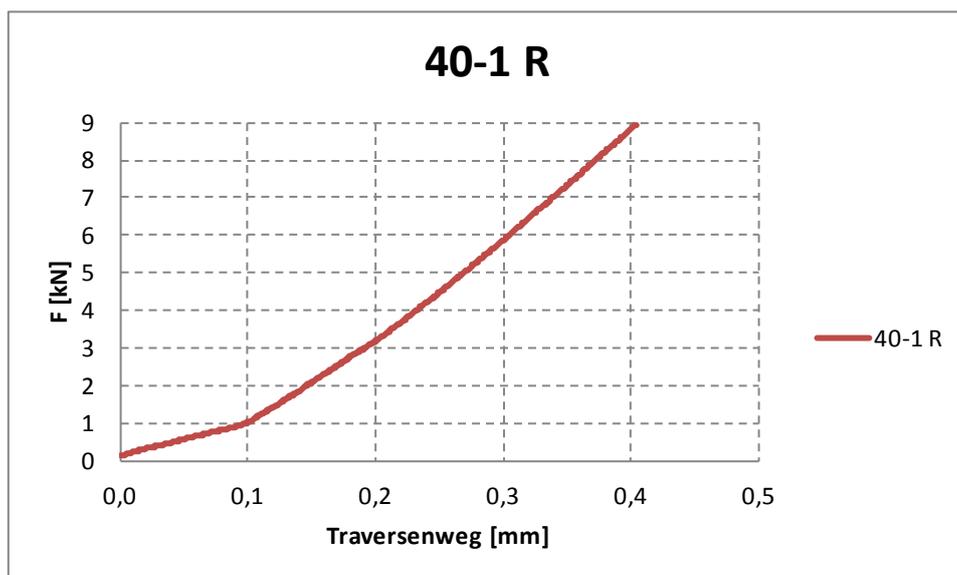


Abbildung 297: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 40



Abbildung 298: Probe NGT 40 nach der Prüfung

3.37.1. Auswertung der Probenserie 40

Auf diese Probe wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle gedrückt. Die Kurvenverläufe lassen auf eine Schädigung des Materials schließen. Abbildung 299 zeigt die Messung von ATOS. Es sind keine Eindrücke messbar.

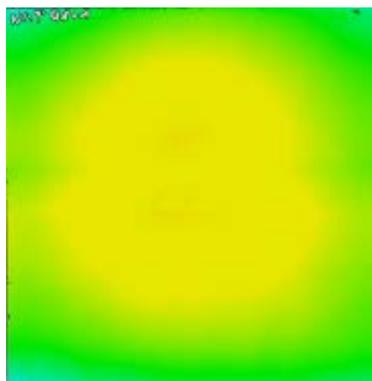


Abbildung 299: ATOS-Messung der Probe NGT 40

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 40-1	-0,5	0	0

Tabelle 136: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 40

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 40-1	-0,25	0	0

Tabelle 137: Eindringtiefe der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 40

3.38. Auswertung Monolithische Platten

Tabelle 138 und Tabelle 139 fassen die Tiefen der Prüfungen mit den beiden Eindringkörpern Kugel und Rolle zusammen.

Nr.	Höhe [mm]	Flächen- gewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
0	4	11.605	-0,5	0,00
27	1,35	2.155		0,00
29	1,7-2,2	3.528		?
39	1,1	1.467		0,00
40	2,3	4,025		0,00

Tabelle 138: Gesamt Bewertung für monolithische Platten Kugelversuch

Nr.	Höhe [mm]	Flächen- gewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
0	4	11.605	-0,25	0,00
27	1,35	2.155		0,00
29	1,7-2,2	3.528		?
39	1,1	1.467		0,00
40	2,3	4,025		0,00

Tabelle 139: Gesamt Bewertung für monolithische Platten Rollenversuch

Tabelle 138 und Tabelle 139

3.39. Probe NGT 41

Es ist insgesamt 1 Probe dieses Aufbaus vorhanden. Diese wurde im Autoclav im Institut FA gefertigt. Auch diese Prüfungen wurden bei der Firma Invent durchgeführt. Die Probe ist symmetrisch aufgebaut. Außen sind zwei Lagen Glasfaser-Prepreg der Bezeichnung EHG241-300-45 [12]. In der Mitte sind zwei Lagen EVA der Bezeichnung HHZ1907/59 angeordnet [8]. Dazwischen sind beide Materialien im Wechsel verarbeitet. Dieses Material ist auf Abbildung 300 skizziert. Die probe im Querschnitt zeigt Abbildung 300. Es ist eine Probe dieses Aufbaus vorhanden. Weitere Informationen können Tabelle 140 entnommen werden.

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 41	1	19.10.2012	200 x 200	4,9	8.450

Tabelle 140: Probenserie NGT 41



Abbildung 300: Querschnitts-Skizze Probe NGT 41



Abbildung 301: Probe NGT 41 im Querschnitt

Die Probe NGT 41 während der Prüfung mit Eindringkörper Kugel zeigt Abbildung 302.



Abbildung 302: Probe NGT 41 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Analog dazu ist die Probe NGT 41 bei der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle auf Abbildung 303 gezeigt.



Abbildung 303: Probe NGT 41 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 41 ist auf Abbildung 304 zu sehen und analog auf Abbildung 305 das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 41.

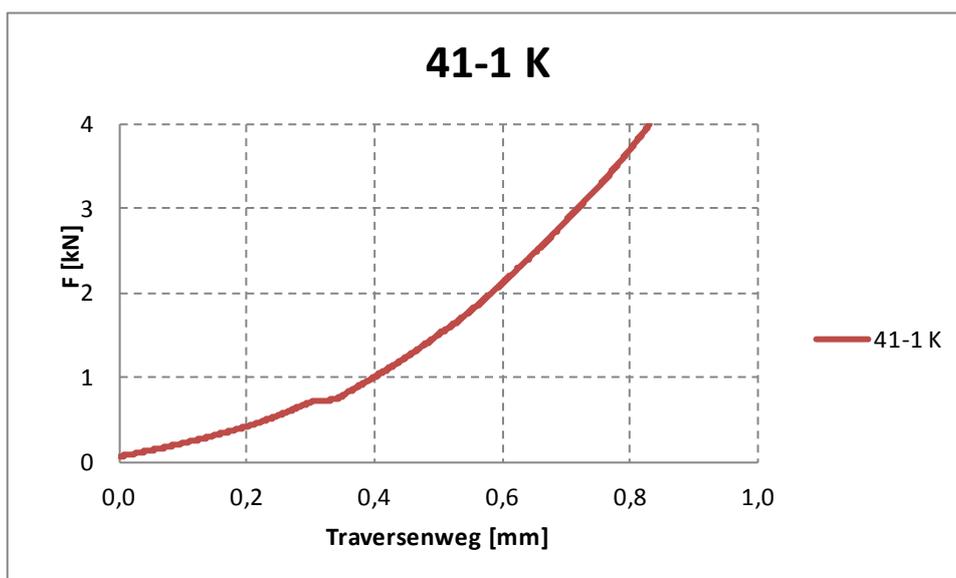


Abbildung 304: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 41

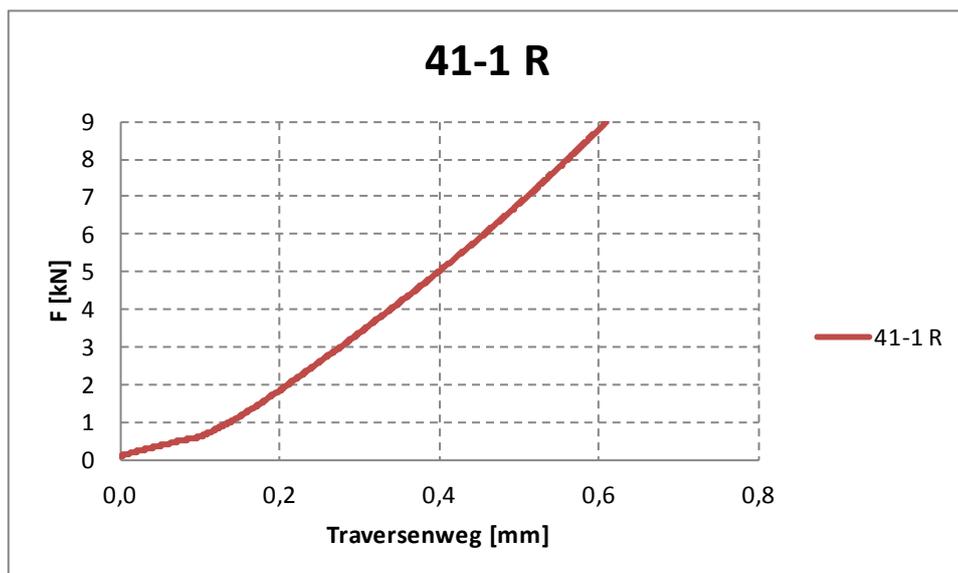


Abbildung 305: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 41

Abbildung 306 zeigt die Probe nach der Prüfung.



Abbildung 306: Probe NGT 41 nach der Prüfung

3.39.1. Auswertung der Probe NGT 41

Es wurde einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle auf die Probe gedrückt. Eine Unregelmäßigkeit ist bei den Kurvenverläufen erkennbar. Es ist unklar, ob dies ein Schaden oder in der Elastizität des Elastomers begründet ist. Eine ATOS-Messung dieser Probe ist nicht vorhanden.

3.40. Probe NGT 42

Das Material ist ähnlich der Probe NGT 41. Die Deckschichten bestehen aus CfK-Prepreg der Firma Gurit EP121-C20-45 [11]. Dazwischen Glasfaser-Prepreg der Bezeichnung EHG241-300-45 [12] und EVA der Bezeichnung HHZ1907/59 angeordnet [8]. Es sind insgesamt 6 Proben dieses Aufbaus vorhanden. Diese wurden im Institut FA im Autoclav gefertigt. Auch diese Prüfungen wurden bei der Firma Invent durchgeführt. Weitere Informationen sind Tabelle 141 zu entnehmen.

Nr.	Anzahl	Prüfungsdatum	Abmessung [mm]	Dicke t [mm]	Flächengewicht [g/m ²]
NGT 42	6	19.10.2012	200 x 200	4,9-5,1	7.986

Tabelle 141: Probenserie NGT 42

Abbildung 307 zeigt die Querschnitts-Skizze der Probe NGT 42. Tabelle 142 zeigt alle Proben im Querschnitt.



Abbildung 307: Querschnitts-Skizze Probe NGT 42

	
<p align="center">Abbildung 308: Probe NGT 42-1 im Querschnitt</p>	<p align="center">Abbildung 309: Probe NGT 42-2 im Querschnitt</p>
	
<p align="center">Abbildung 310: Probe NGT 42-3 im Querschnitt</p>	<p align="center">Abbildung 311: Probe NGT 42-4 im Querschnitt</p>
	
<p align="center">Abbildung 312: Probe NGT 42-5 im Querschnitt</p>	<p align="center">Abbildung 313: Probe NGT 42-6 im Querschnitt</p>

Tabelle 142: Probenserie NGT 42 im Querschnitt

Tabelle 143 fasst die Abbildungen während der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel zusammen. Analog dazu zeigt die Tabelle 144 die Fotos, welche während der Prüfung mit dem Eindringkörper Rolle entstanden sind.

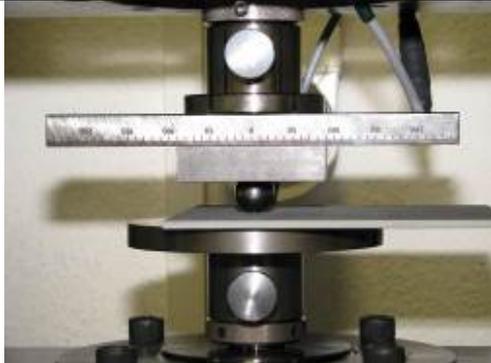
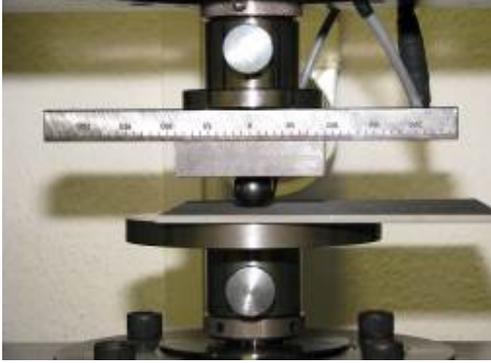
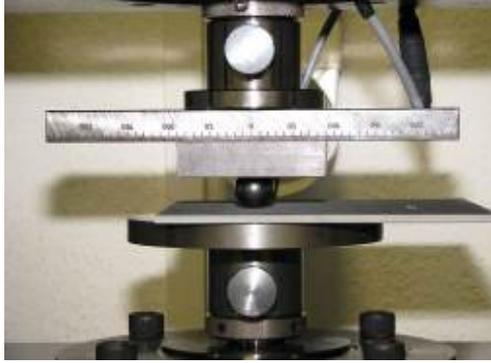
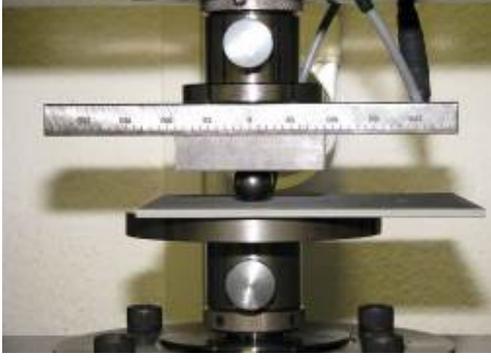
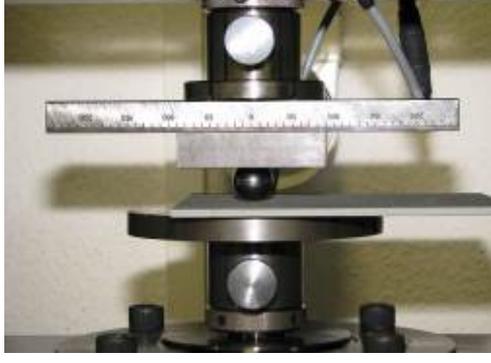
	
<p>Abbildung 314: Probe NGT 42-1 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	<p>Abbildung 315: Probe NGT 42-2 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>
	
<p>Abbildung 316: Probe NGT 42-3 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	<p>Abbildung 317: Probe NGT 42-4 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>
	
<p>Abbildung 318: Probe NGT 42-5 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>	<p>Abbildung 319: Probe NGT 42-6 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel</p>

Tabelle 143: Probenserie NGT 42 während Prüfung mit Eindringkörper Kugel

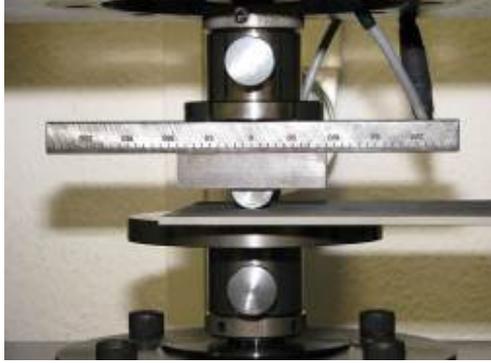
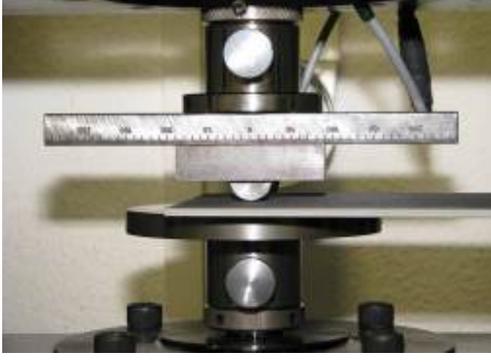
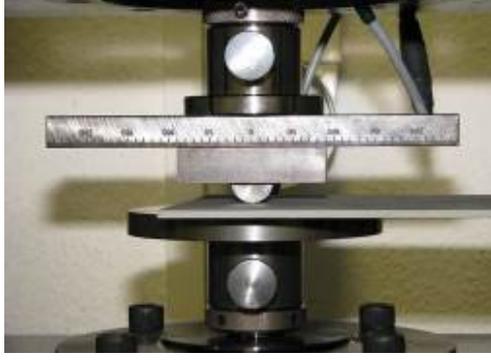
	
<p>Abbildung 320: Probe NGT 42-1 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	<p>Abbildung 321: Probe NGT 42-2 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>
	
<p>Abbildung 322: Probe NGT 42-3 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	<p>Abbildung 323: Probe NGT 42-4 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>
	
<p>Abbildung 324: Probe NGT 42-5 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>	<p>Abbildung 325: Probe NGT 42-6 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle</p>

Tabelle 144: Probenserie NGT 42 während Prüfung mit Eindringkörper Rolle

Abbildung 327 zeigt das Diagramm der Prüfung mit dem Eindringkörper Kugel. Das Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle zeigt Abbildung 326.

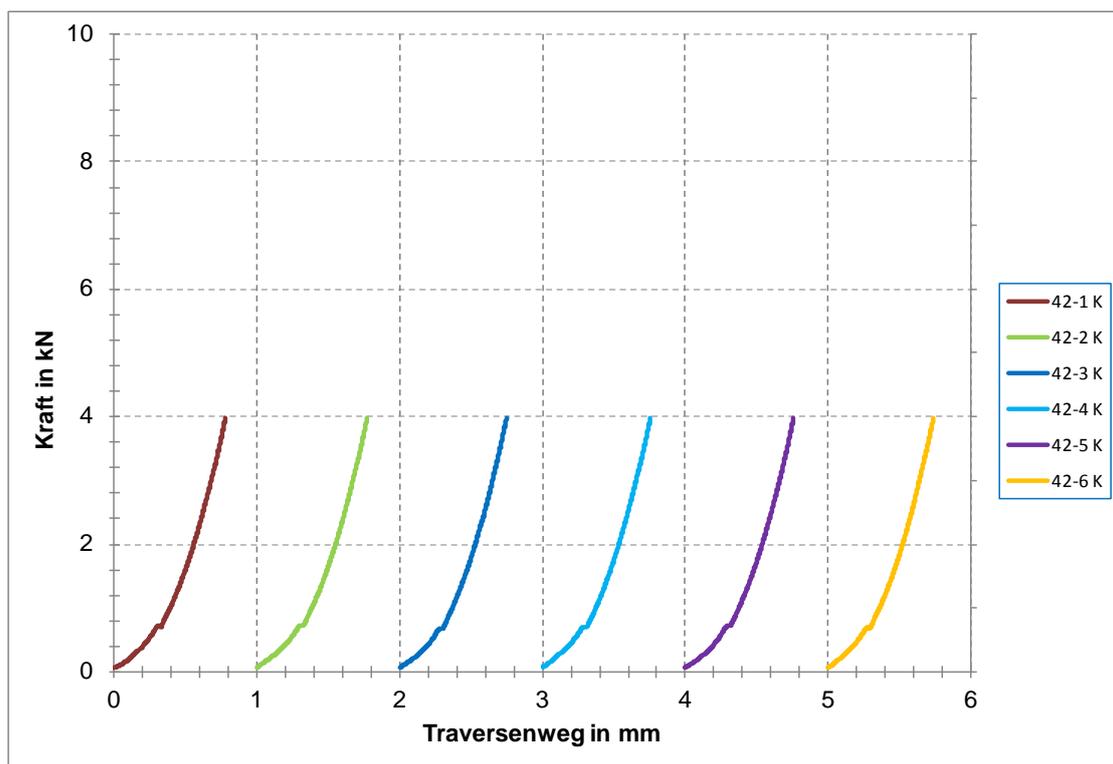


Abbildung 326: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 42

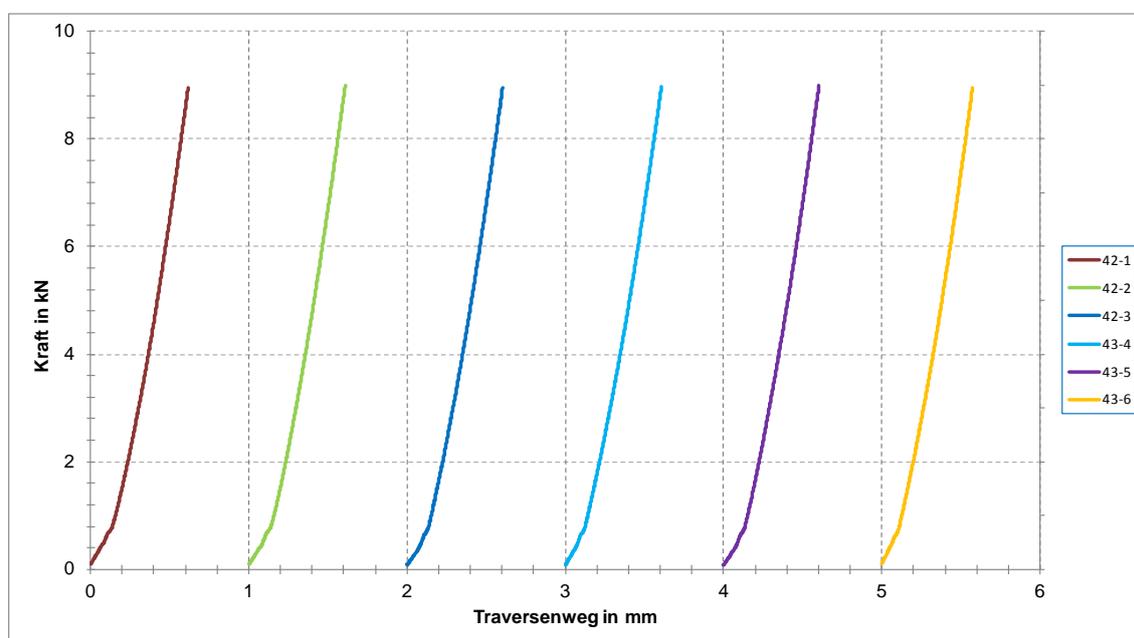


Abbildung 327: Diagramm der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 42

Tabelle 145 zeigt alle 6 Proben nach dem Test. Optisch sind keine Eindrücke zu erkennen.

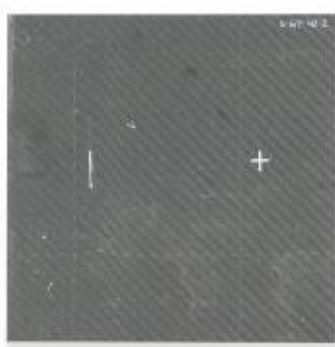
	
	
	

Tabelle 145: Probenserie NGT 42 nach der Prüfung

3.40.1. Auswertung der Probenserie NGT 42

Insgesamt wurde auf jeder Probe einmal mit der Kugel und einmal mit der Rolle gedrückt. Die Diagramme weisen eine Unregelmäßigkeit auf. Es ist aber nicht klar, worin diese begründet ist. Es kann ein Schaden in der Probe aufgetreten sein, ein Grund kann aber auch die Elastizität des Materials sein. Tabelle 146 zeigt die ATOS-Messungen, die Eindrücke sind so gering, dass diese nicht gemessen werden können.

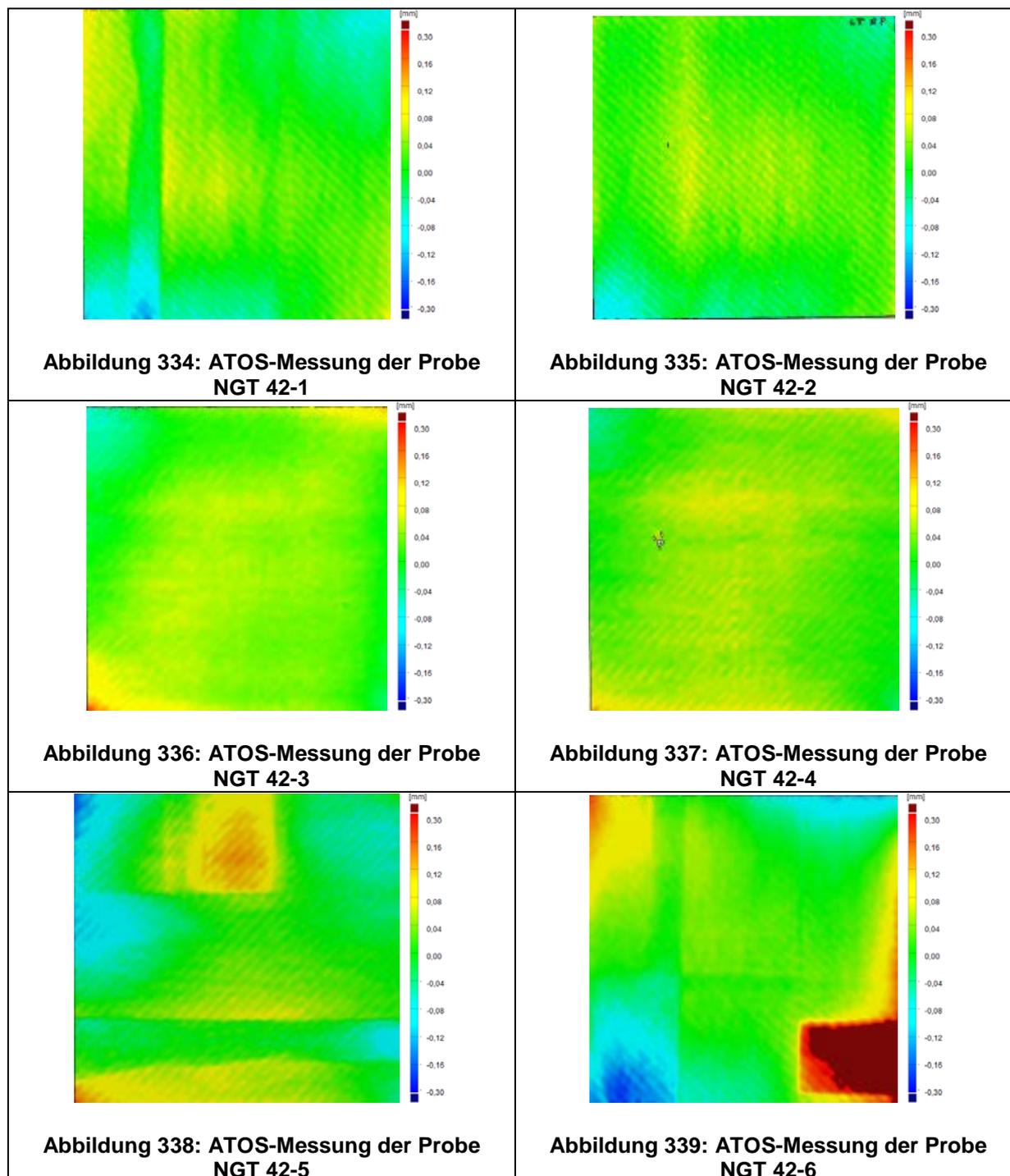


Tabelle 146: Probenserie NGT 42 ATOS-Messung

Tabelle 147 und Tabelle 148 gibt eine Übersicht der Eindringtiefen der Probenserie NGT für die jeweiligen Eindringkörper.

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 42-1	-0,5	0,00	0,00
NGT 42-2		0,00	
NGT 42-3		0,00	
NGT 42-4		0,00	
NGT 42-5		0,00	
NGT 42-6		0,00	

Tabelle 147: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Kugel der Probe NGT 42

Nr.	Erlaubte Tiefe [mm]	Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
NGT 42-1	-0,25	0,00	0,00
NGT 42-2		0,00	
NGT 42-3		0,00	
NGT 42-4		0,00	
NGT 42-5		0,00	
NGT 42-6		0,00	

Tabelle 148: Eindringtiefen der Prüfung mit Eindringkörper Rolle der Probe NGT 42

3.40.2. Auswertung Proben mit Elastomer (NGT 33; NGT 35 - NGT 42)

Tabelle 149 und Tabelle 150: Proben mit einem Elastomeranteil der Prüfung mit Eindringkörper Rolle

fasst die Ergebnisse der Proben mit einem Elastomeranteil zusammen.

Nr.	Höhe [mm]	Flächen- gewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
30-1-1	12	7.414	-0,5	-0,57
30-1-2				-0,79
31	12	8.367		-1,23
32	13	9.346		-0,33
33-1-1	12,8	7.284		-0,58
33-1-2				-0,50
35	4	4.980		-0,14
36	5,1	6.238		-0,08
37	5,7	9.380		0,0
41	4,9	8.450		0,0
42	5,0	7.986		0,0

Tabelle 149: Proben mit einem Elastomeranteil der Prüfung mit Eindringkörper Kugel

Nr.	Höhe [mm]	Flächen- gewicht [g/m ²]	Erlaubte Tiefe [mm]	Mittlere Tiefe [mm]
30-1-1	12	7.414	-0,5	-0,10
30-1-2				-0,20
31	12	8.367		0,00
32	13	9.346		0,00
33-1-1	12,8	7.284		-0,12
33-1-2				-0,01
35	4	4.980		0,00
36	5,1	6.238		-0,25
37	5,7	9.380		0,0
41	4,9	8.450		0,0
42	5,0	7.986		0,0

Tabelle 150: Proben mit einem Elastomeranteil der Prüfung mit Eindringkörper Rolle

4. Prüfung der Brandrate

Luftfrachtcontainer müssen eine Brandrate von 2,5 Zoll (64 mm) pro Minute erfüllen, siehe auch Kapitel 2.22.2. Diese Prüfung wurde auch beim DLR am Standort Trauen durchgeführt. Nur ein Teil der zuvor beschriebenen Proben wurden hinsichtlich ihrer Brandrate untersucht. Abbildung 340 zeigt das technische Textil, welches beim Demonstrator Typ AAX eingesetzt wurde. Dieses Material hat eine Brandrate vom Wert 0. Das Material gilt als selbstverlöschend. Die Proben NGT 37 und NGT 38, siehe Abbildung 341 bis Abbildung 343 gelten ebenfalls als selbstverlöschend. Man kann erkennen, dass diese Materialien im Vergleich zum technischen Textil noch weniger Brandspuren aufweisen.

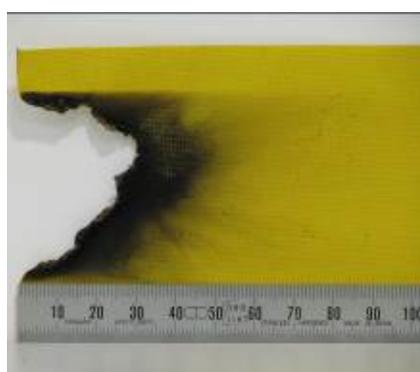


Abbildung 340: Technisches Textil Durakin 1414

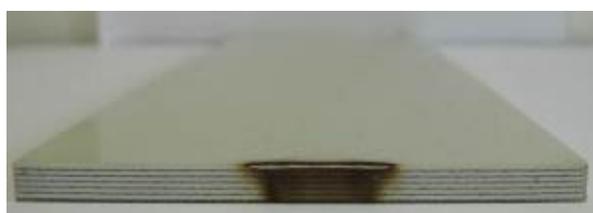


Abbildung 341: Brandtest der Probe NGT 37-1

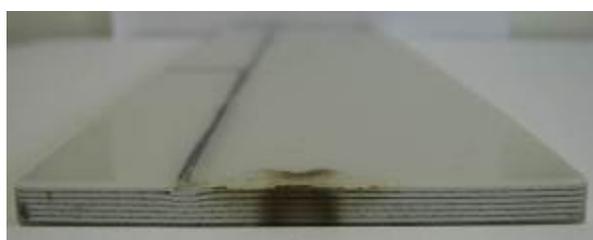


Abbildung 342: Brandtest der Probe NGT 38-1



Abbildung 343: NGT 37 und NGT 38 Draufsicht nach der Prüfung der Brandrate

Abbildung 344 zeigt die Probe NGT 42 nach der Prüfung der Brandrate. Auch dieses Material ist selbstverlöschend. Die Brandspuren sind nur schwer zu erkennen, dass die Cfk-Deckschichten schwarz sind.

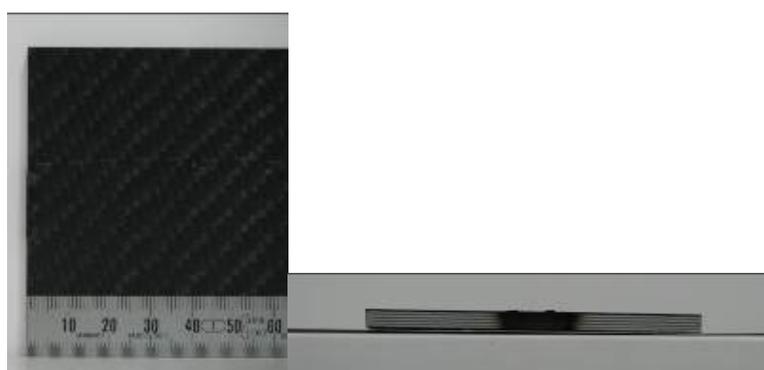


Abbildung 344: NGT 42 nach Prüfung der Brandrate

Abbildung 345 zeigt einen Gurt, welcher laut Stand der Technik bei Luftfrachtcontainern eingesetzt wird. Dieses Material hat einen Wert der Brandrate von 25. Die Proben, welche beim DLR gefertigt wurden, haben demnach eine geringere Brandrate.



Abbildung 345: Gurt für Luftfrachtcontainer

5. Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse der Prüfungen mit zwei unterschiedlichen Eindringkörpern, einer Kugel und einer Rolle dar, welche am Institut FA durchgeführt wurden. Diese sind gemäß den IATA ULD Regulations entwickelt und durchgeführt worden. Relevant ist nach diesen nur der permanente Eindruck, der einen vorgegebenen Wert nicht überschreiten dürfen. Die Diagramme, welche bei den Prüfungen aufgenommen werden, spielen laut Norm dabei keine Rolle, wurden aber mit in die Betrachtung einbezogen. Berechnungen, die ein Versagen der Struktur vorhersagen könnten, wurden nicht gemacht. Die Versagensarten wurden bei den Prüfungen beobachtet. Kern- oder Deckschichtversagen konnte durch spezifische Geräusche wahrgenommen werden. Die Eindrücke, welche durch die Kugel verursacht wurden waren in der Regel tiefer als bei der Rolle. Teilweise hat das Material die Prüfung bei der Rolle bestanden, aber nicht bei der Kugel.

Außerdem wurde bei einigen Proben die Brandrate bestimmt. Alle der geprüften Proben haben eine Brandrate, welche den Einsatz als Material für einen Luftfrachtcontainer erlaubt.

5.1. Ausblick

Um sicherzustellen, dass wirklich kein Schaden der Materialien aufgetreten ist, sollten weitere Prüfverfahren angewendet werden. Hier stellen zerstörungsfreie Methoden wie Ultraschall oder CT eine Möglichkeit dar. Hiermit könnten z. B. Delaminationen detektiert werden. Zur statistischen Auswertungen müssten weitere Prüfungen mit den Eindringkörpern Kugel und Rolle durchgeführt werden. Teilweise wurde nur eine Probe geprüft, was eindeutig zu wenig für eine Validierung des Materials ist. Die hier vorgestellten Ergebnisse reichen nicht aus, um ein Material für einen Luftfrachtcontainer zu identifizieren. Weitere Parameter wie z. B. die Biegesteifigkeit des Materials müssen in die Betrachtung mit eingezogen werden.

6. Anhang



Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

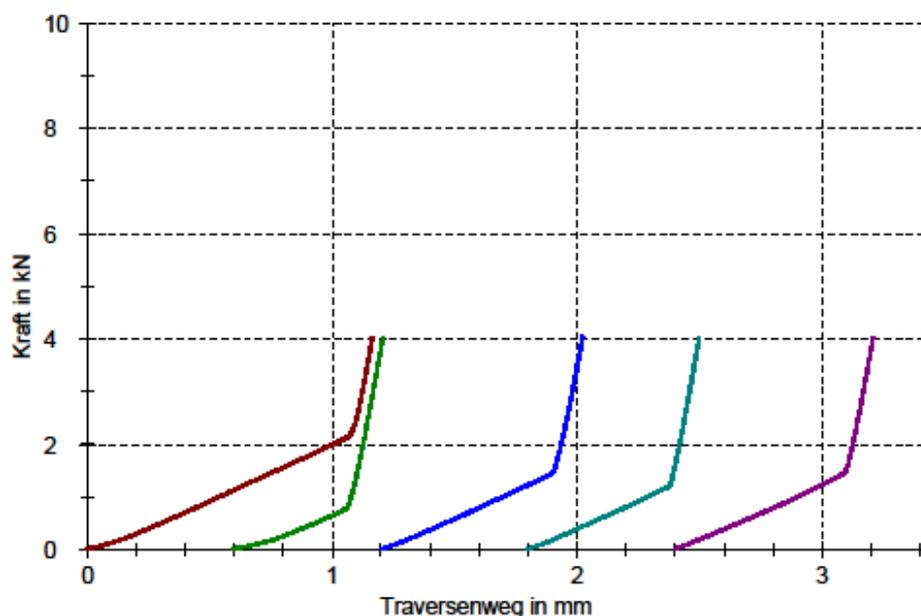
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-016	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-0-(Pr.1-5)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	Δ L mm
	1	4	25	100,00	4,03	40,3	1,16
	2	4	25	100,00	4,02	40,2	0,81
	3	4	25	100,00	4,04	40,4	0,82
	4	4	25	100,00	4,03	40,3	0,70
	5	4	25	100,00	4,02	40,2	0,81

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	Δ L mm
n = 5			
x	4,03	40,3	0,82
s	0,01	0,1	0,21
v	0,25	0,25	25,75



Bemerkungen: Kugel

Abbildung 346: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 0-1 bis NGT 0-5 vom 29.08.2011 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

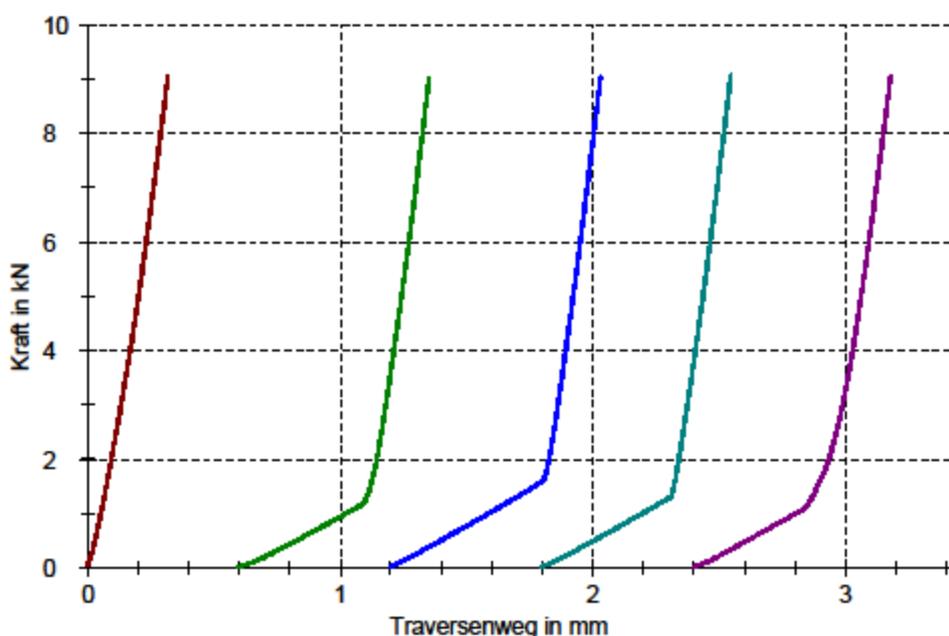
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Albrecht	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 20kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	1	4	51	204,00	9,04	44,3	0,32
■	2	4	51	204,00	9,01	44,2	0,75
■	3	4	51	204,00	9,04	44,3	0,83
■	4	4	51	204,00	9,07	44,4	0,75
■	5	4	51	204,00	9,06	44,4	0,78

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 5			
\bar{x}	9,04	44,3	0,68
s	0,02	0,1	0,21
v	0,25	0,25	30,36



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

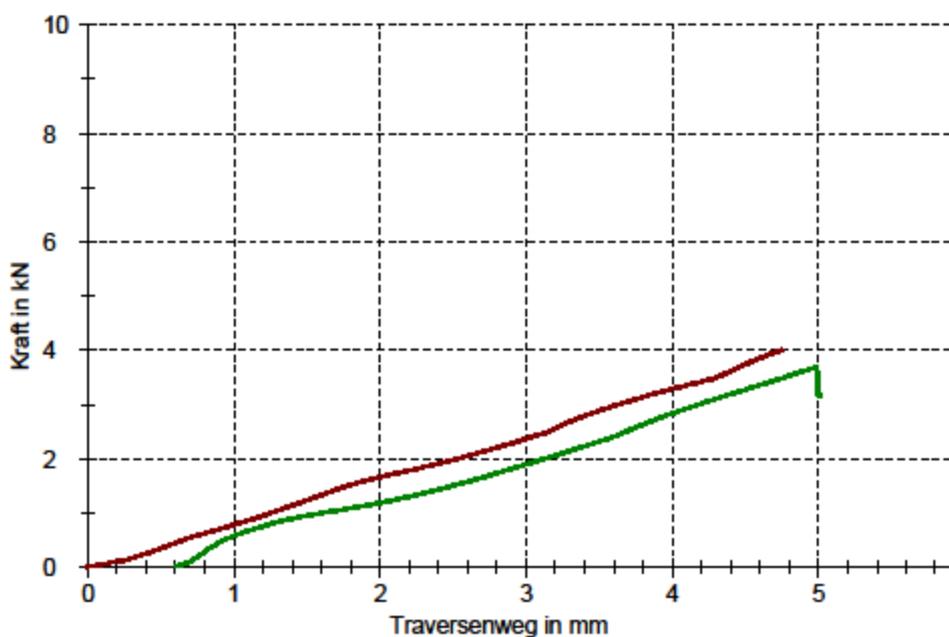
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-3-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	10,3	25	257,50	4,00	15,5	4,75
	2	10,3	25	257,50	3,69	14,3	4,39

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	3,85	14,9	4,57
s	0,22	0,8	0,25
v	5,69	5,69	5,57



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

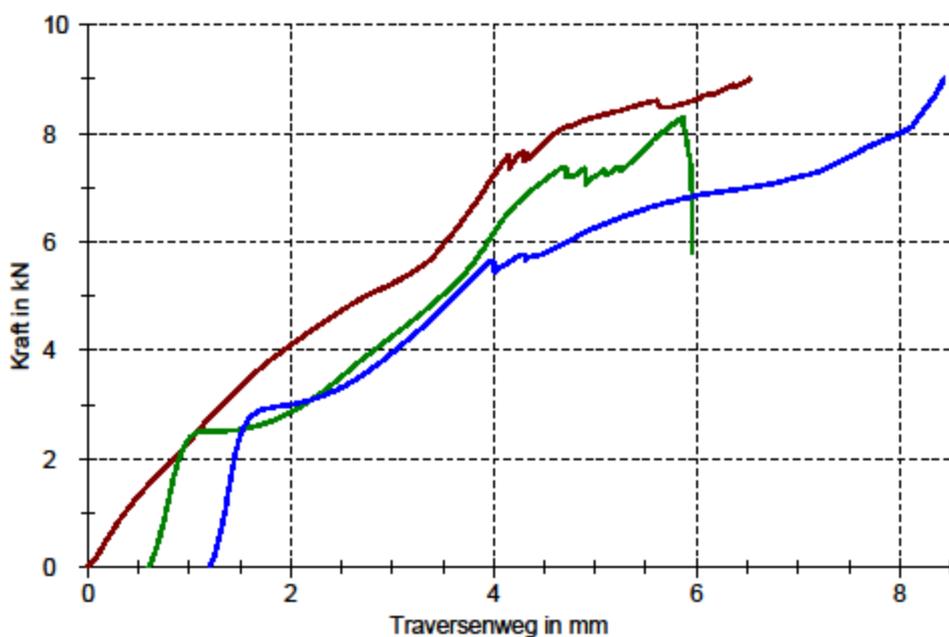
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Albrecht	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 20kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	10,3	51	525,30	9,00	17,1	6,52
	2	10,3	51	525,30	8,30	15,8	5,26
	3	10,3	51	525,30	9,00	17,1	7,23

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 3			
x	8,77	16,7	6,34
s	0,41	0,8	1,00
v	4,63	4,63	15,75



Bemerkungen: Rolle

Abbildung 349: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 3-1 und NGT3-2 vom 29.08.2011 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

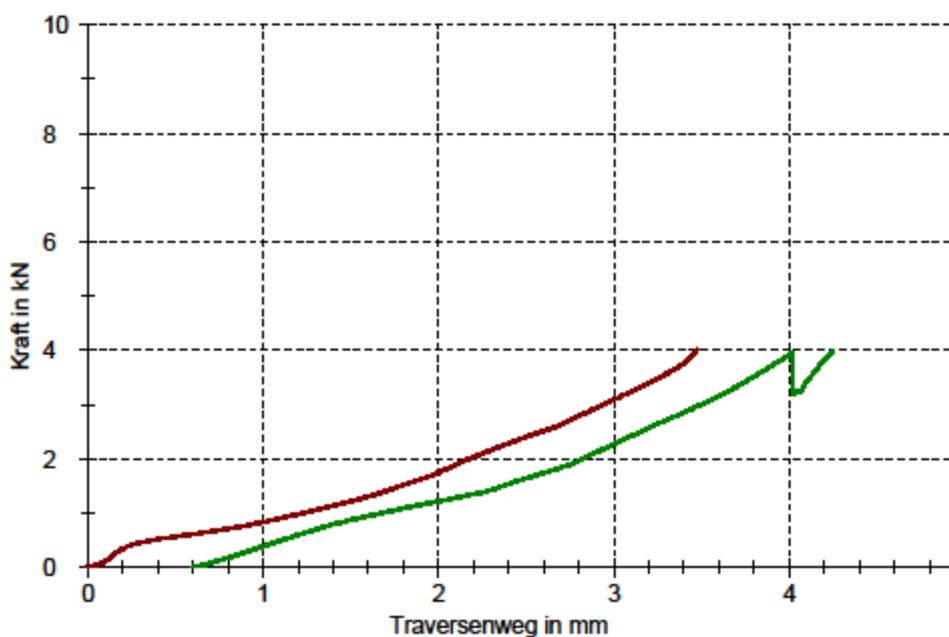
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-4-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,5	25	137,50	4,00	29,1	3,47
	2	4	25	100,00	4,01	40,1	3,85

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,01	34,6	3,56
s	0,00	7,8	0,12
v	0,09	22,42	3,51



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

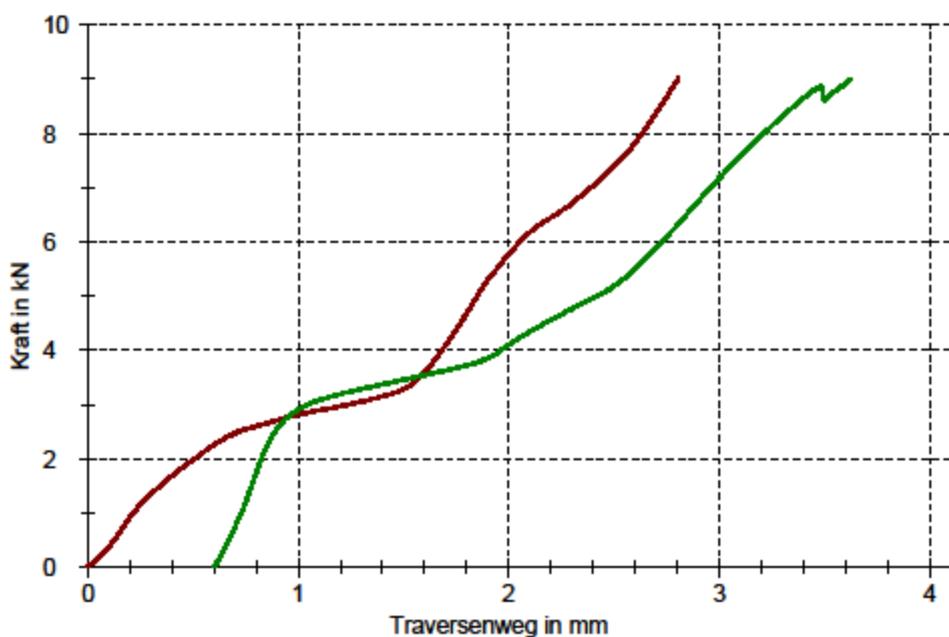
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Albrecht	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 20kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,5	51	280,50	9,01	32,1	2,81
	2	5,5	51	280,50	9,00	32,1	3,03

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
\bar{x}	9,01	32,1	2,92
s	0,00	0,0	0,16
v	0,01	0,01	5,35



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

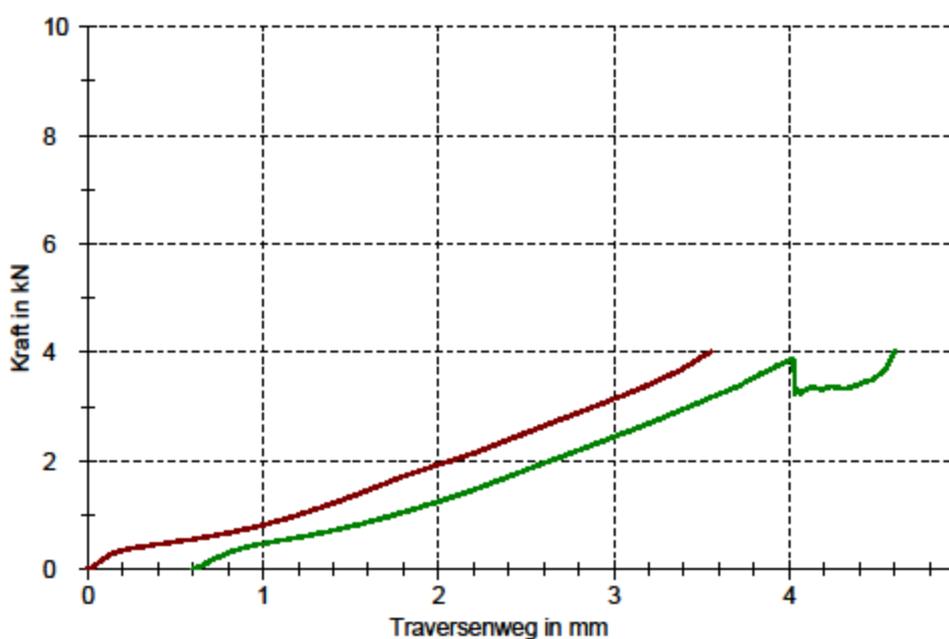
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-5-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,5	25	137,50	4,00	29,1	3,55
	2	5,5	25	137,50	4,02	29,2	4,00

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,01	29,2	3,78
s	0,01	0,1	0,32
v	0,24	0,24	8,40



Bemerkungen: Kugel

Abbildung 352: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 5-1 und NGT 5-2 vom 29.08.2011 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

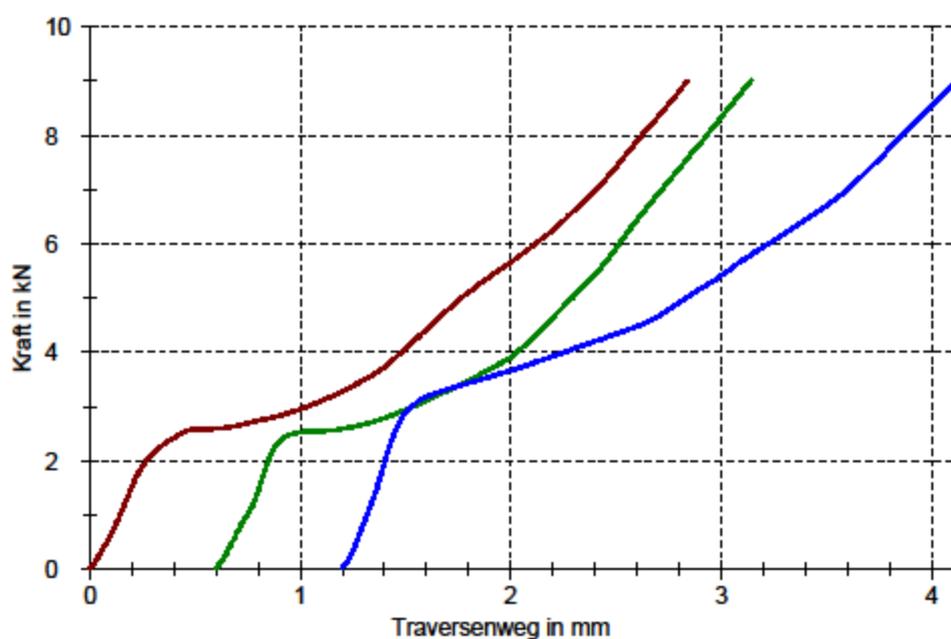
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-5-1	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,5	51	280,50	9,01	32,1	2,84
	2	5,5	51	280,50	9,01	32,1	2,54
	3	5,5	51	280,50	9,01	32,1	2,92

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 3			
x	9,01	32,1	2,77
s	0,00	0,0	0,20
v	0,01	0,01	7,23



Bemerkungen: Rolle

Abbildung 353: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 5-1 und NGT 5-2 vom 29.08.2011 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

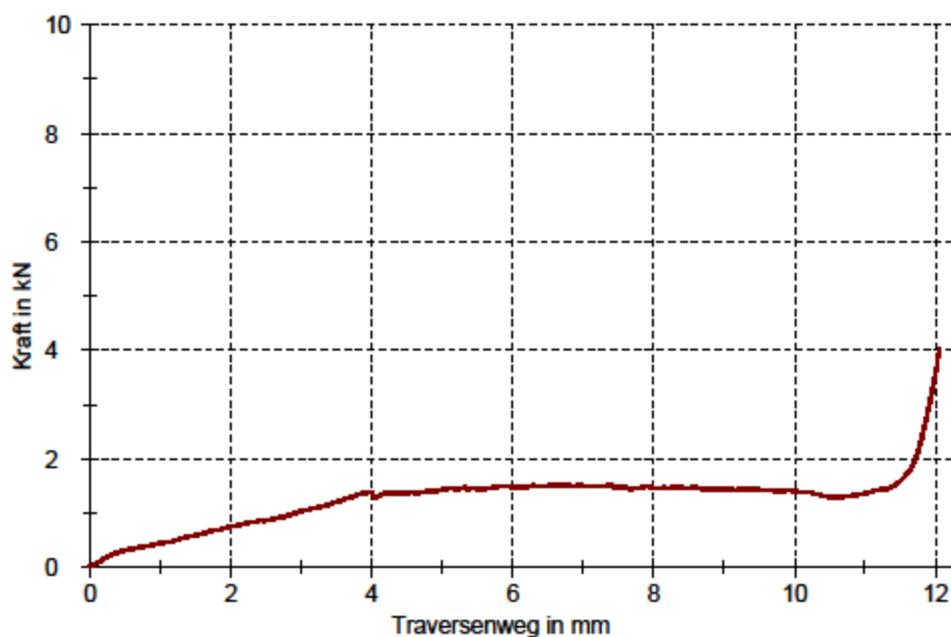
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	172	13,5	25	337,50	4,01	11,9	12,05

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,01	11,9	12,05
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Abbildung 354: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 17-2 vom 02.11.2010 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

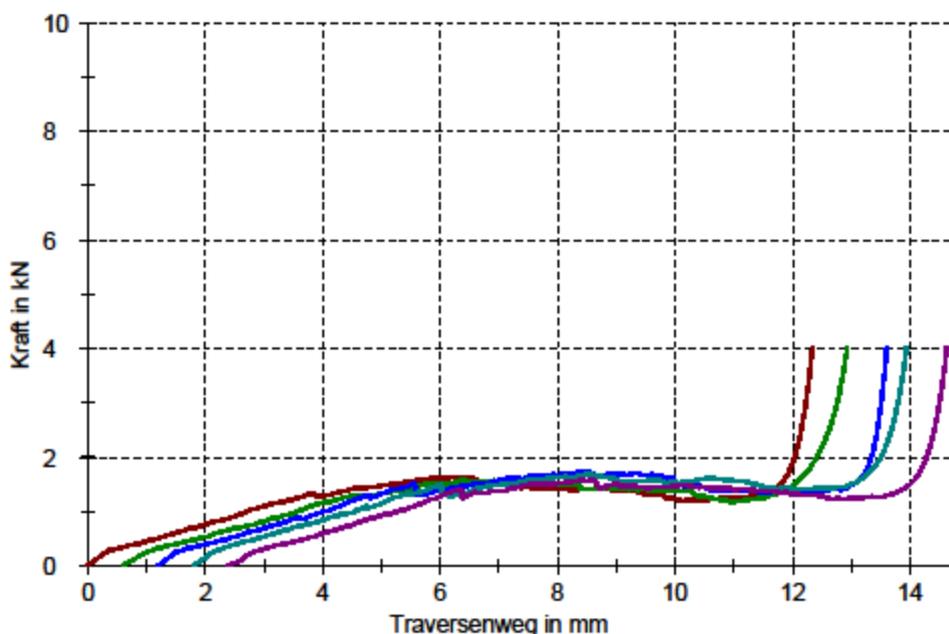
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-17-(Pr.3-8)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	1	13,3	25	332,50	4,02	12,1	12,34
■	3	13,3	25	332,50	4,01	12,1	12,33
■	4	13,5	25	337,50	4,01	11,9	12,40
■	5	13,2	25	330,00	4,01	12,2	12,14
■	6	13,2	25	330,00	4,02	12,2	12,23

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 5			
\bar{x}	4,01	12,1	12,29
s	0,00	0,1	0,10
v	0,11	0,91	0,84



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

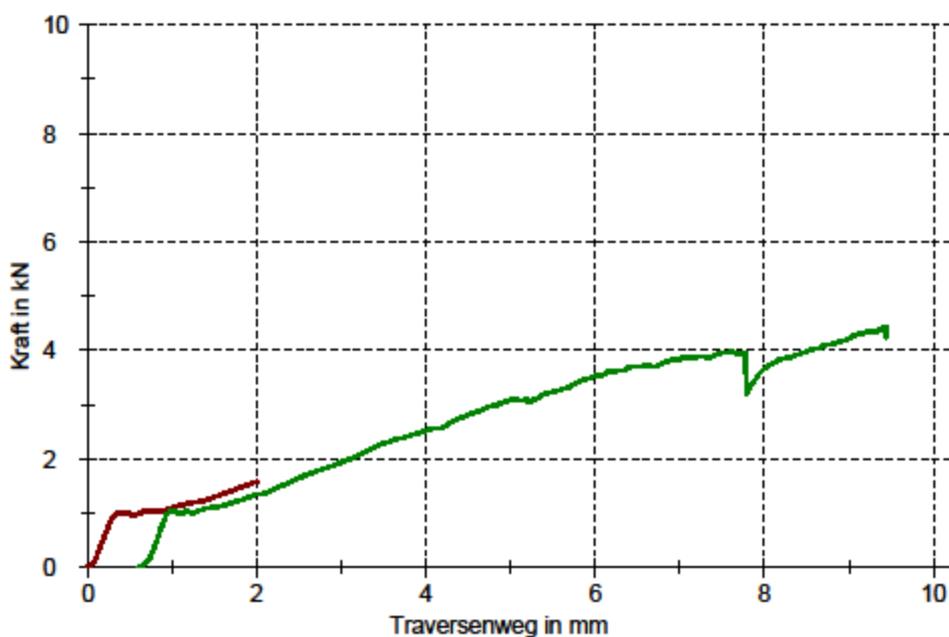
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	171	13,3	51	678,30	1,58	2,3	2,01
	172	13,5	51	688,50	4,45	6,5	8,83

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	3,01	4,4	5,42
s	2,02	2,9	4,82
v	67,16	66,34	88,92



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rollentest

Abbildung 356: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 17-1 und NGT 17-2 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

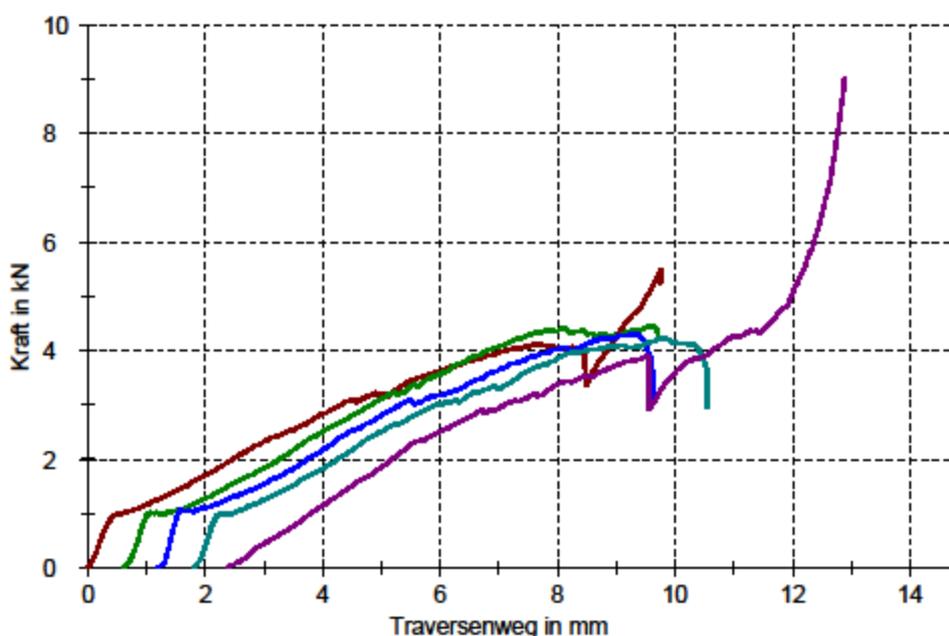
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-17-(Pr.3-8)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	3	13,3	51	678,30	5,48	8,1	9,75
■	4	13,5	51	688,50	4,45	6,5	8,99
■	5	13,2	51	673,20	4,31	6,4	8,16
■	6	13,2	51	673,20	4,23	6,3	7,97
■	1	13,3	51	678,30	9,01	13,3	10,49

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 5			
x	5,50	8,1	9,07
s	2,03	3,0	1,06
v	36,91	36,90	11,72



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

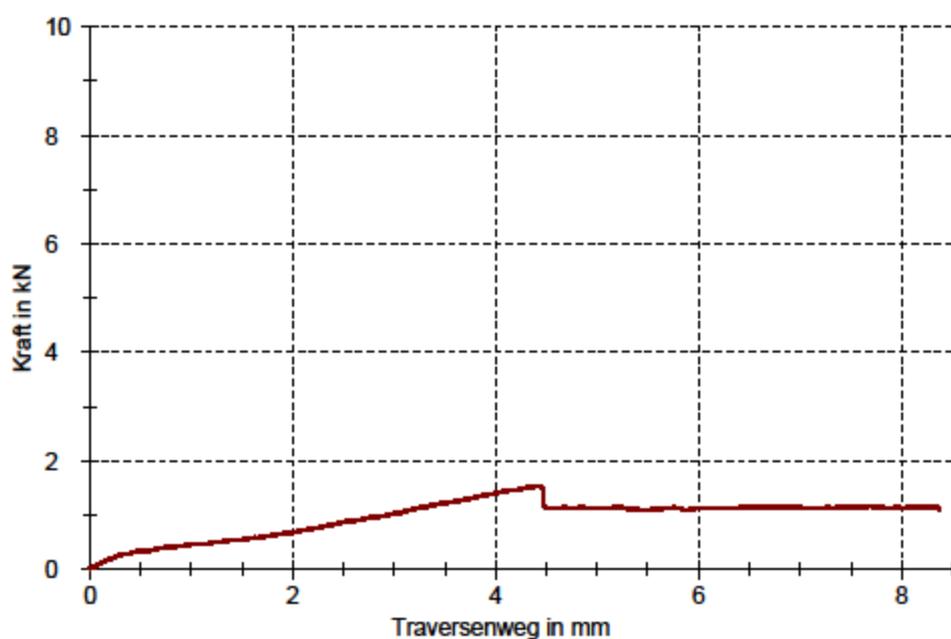
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	182	11,8	25	295,00	1,54	5,2	4,44

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	1,54	5,2	4,44
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

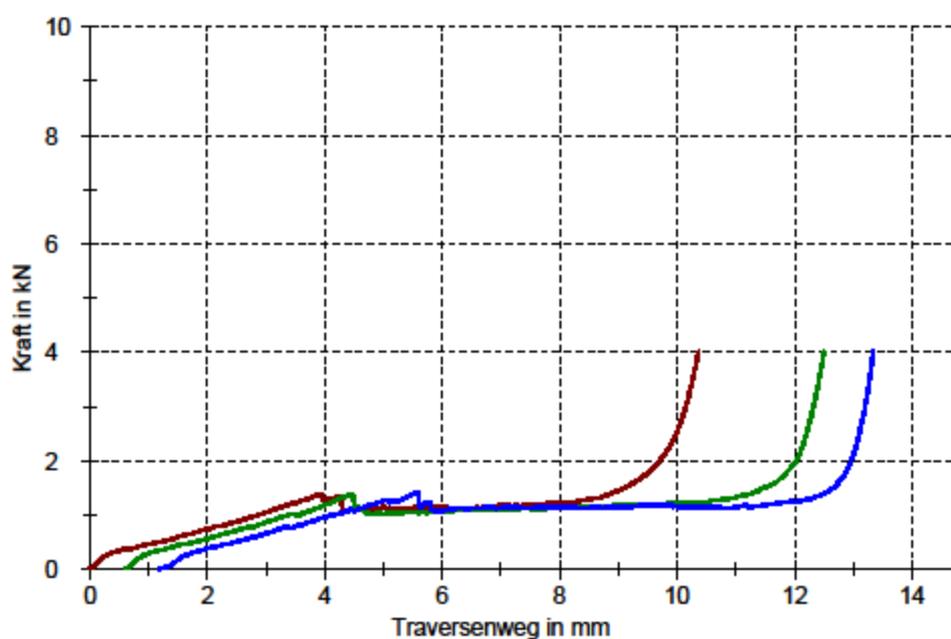
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-18-(Pr.1.3.4)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	11,7	25	292,50	4,00	13,7	10,38
	3	13,2	25	330,00	4,01	12,2	11,90
	4	13,1	25	327,50	4,02	12,3	12,14

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 3			
x	4,01	12,7	11,47
s	0,01	0,9	0,96
v	0,13	6,75	8,41



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

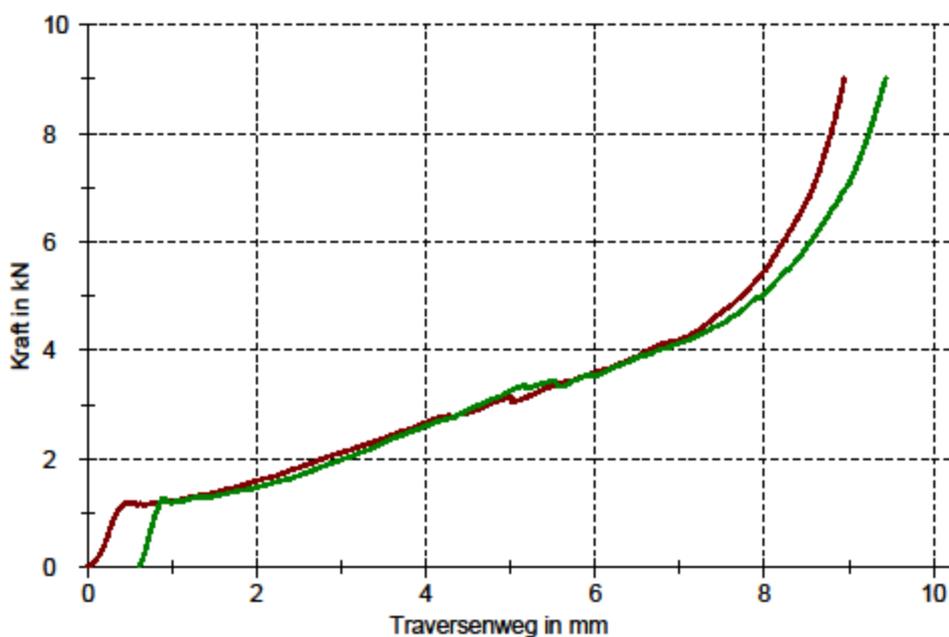
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	181	11,7	51	596,70	9,01	15,1	8,94
	182	11,8	51	601,80	9,01	15,0	8,83

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	9,01	15,0	8,89
s	0,00	0,1	0,08
v	0,01	0,59	0,88



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 360: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 18-1 und NGT 18-2 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

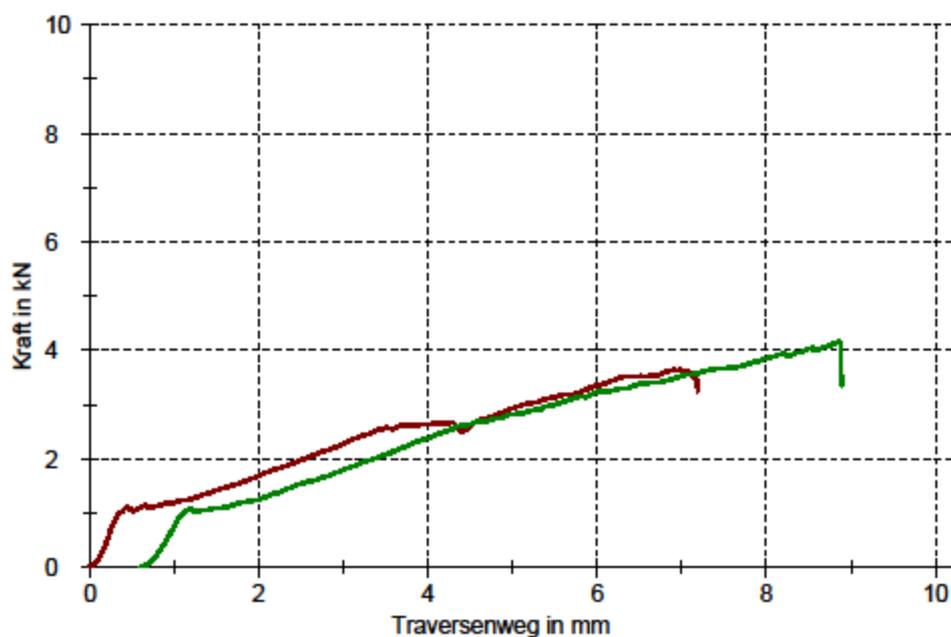
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-18-(Pr.3.4)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	3	13,2	51	673,20	3,64	5,4	6,98
	4	13,1	51	668,10	4,15	6,2	8,25

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	3,90	5,8	7,62
s	0,36	0,6	0,90
v	9,26	9,80	11,78



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

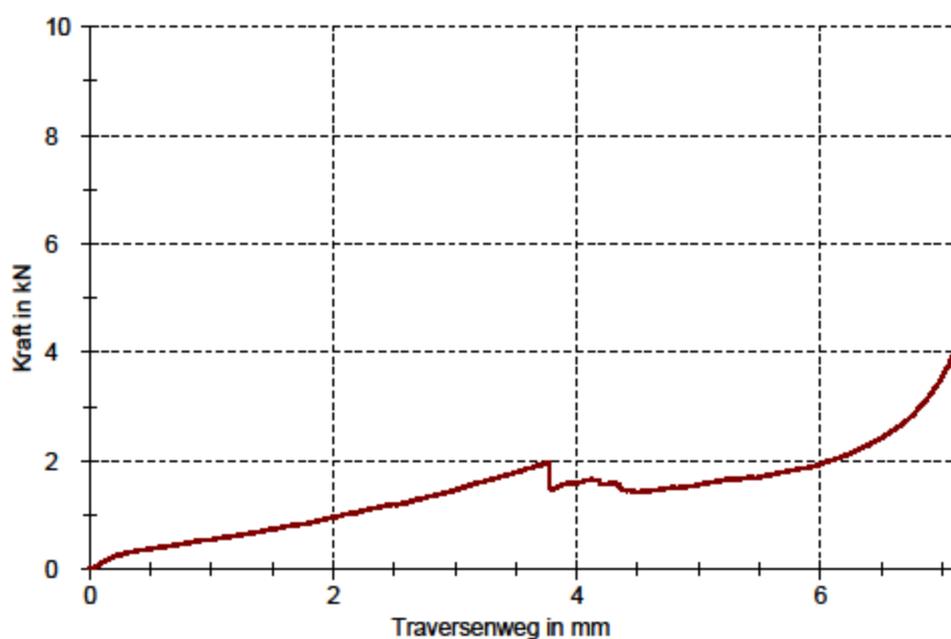
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	192	9	25	225,00	4,00	17,8	7,10

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,00	17,8	7,10
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

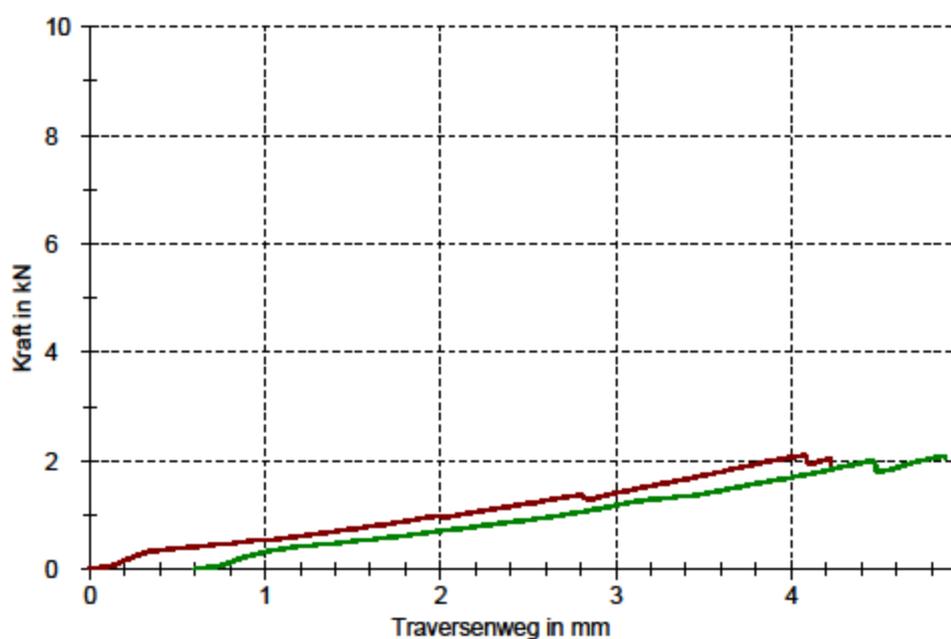
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-19-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	9	25	225,00	2,11	9,4	4,08
	2	9	25	225,00	2,08	9,3	4,28

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	2,09	9,3	4,18
s	0,02	0,1	0,14
v	0,78	0,78	3,38



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

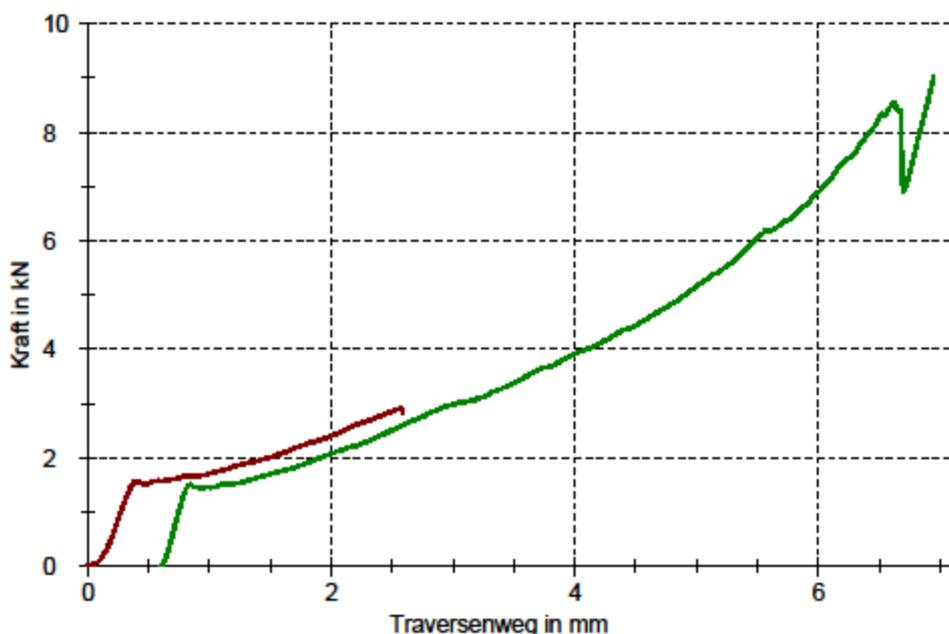
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-016	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	191	9	51	459,00	2,90	6,3	2,57
	192	9	51	459,00	9,02	19,8	6,35

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	5,96	13,0	4,46
s	4,33	9,4	2,67
v	72,59	72,59	59,94



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 364: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 19-1 und NGT 19-2 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

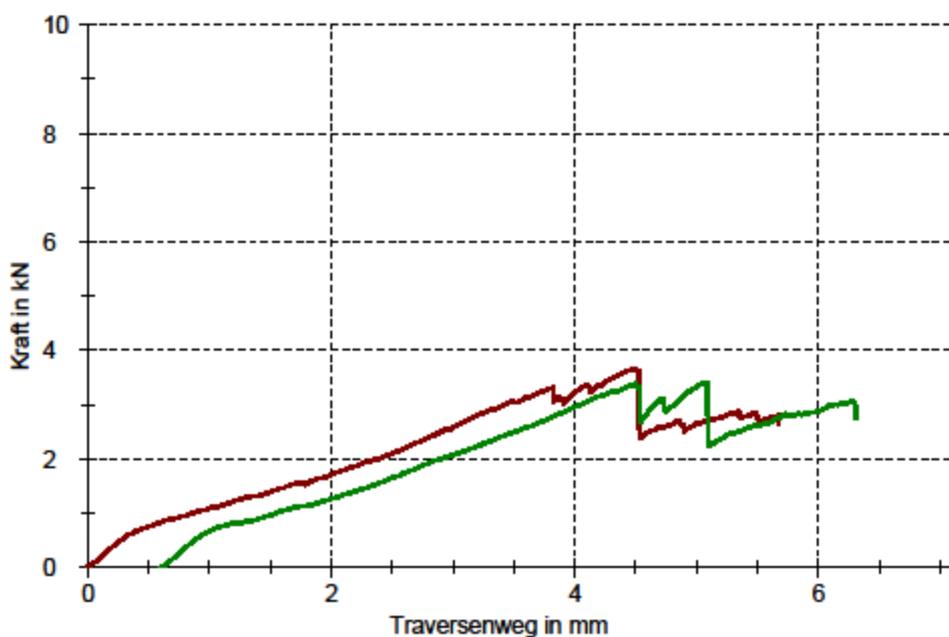
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	202	12,5	25	312,50	3,65	11,7	4,49
	2022	12,5	25	312,50	3,42	10,9	4,47

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	3,53	11,3	4,48
s	0,17	0,5	0,02
v	4,70	4,70	0,34



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

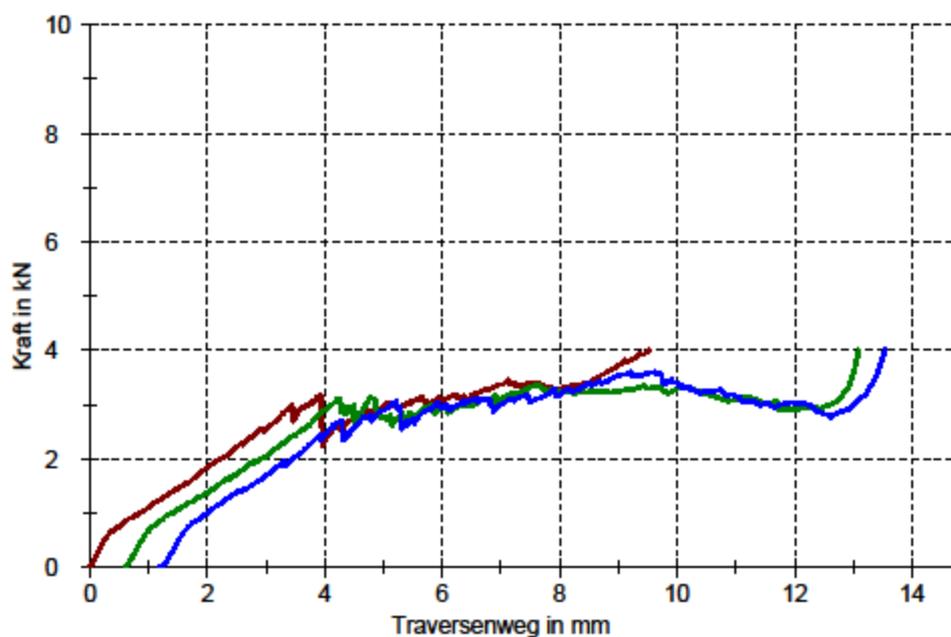
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-20-(Pr.1.3.4)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	1	12,5	25	312,50	4,00	12,8	9,52
■	3	13,2	25	330,00	4,01	12,1	12,49
■	4	14	25	350,00	4,00	11,4	12,34

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 3			
x	4,00	12,1	11,45
s	0,00	0,7	1,87
v	0,08	5,62	14,59



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

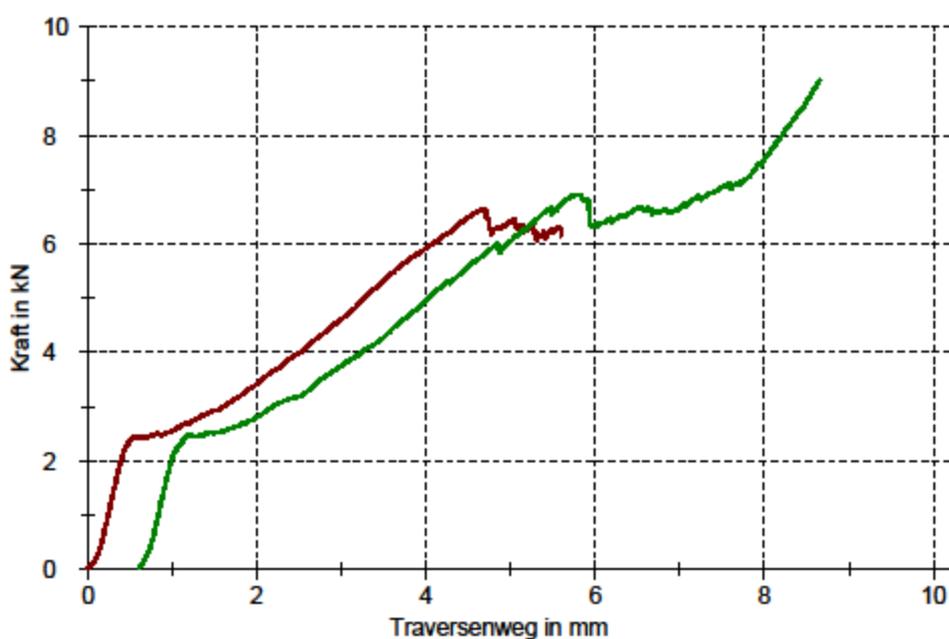
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	201	12,5	51	637,50	6,83	10,4	4,89
	202	12,5	51	637,50	9,00	14,1	8,05

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	7,82	12,3	6,37
s	1,68	2,6	2,38
v	21,44	21,44	37,38



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

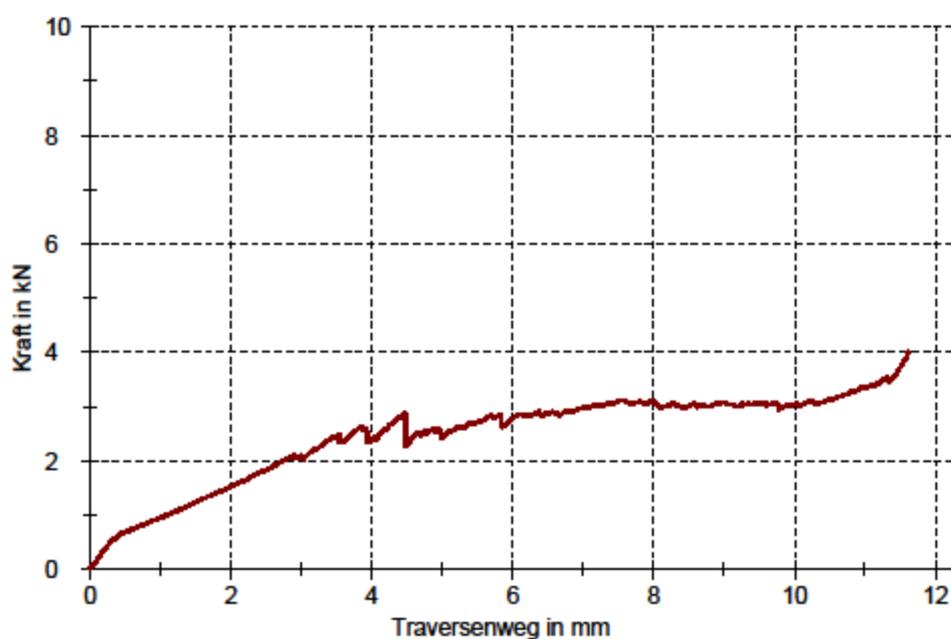
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-21-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	13,8	25	345,00	4,00	11,8	11,62

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,00	11,8	11,62
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Kugel

Abbildung 368: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 21-1 vom 30.08.2011 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

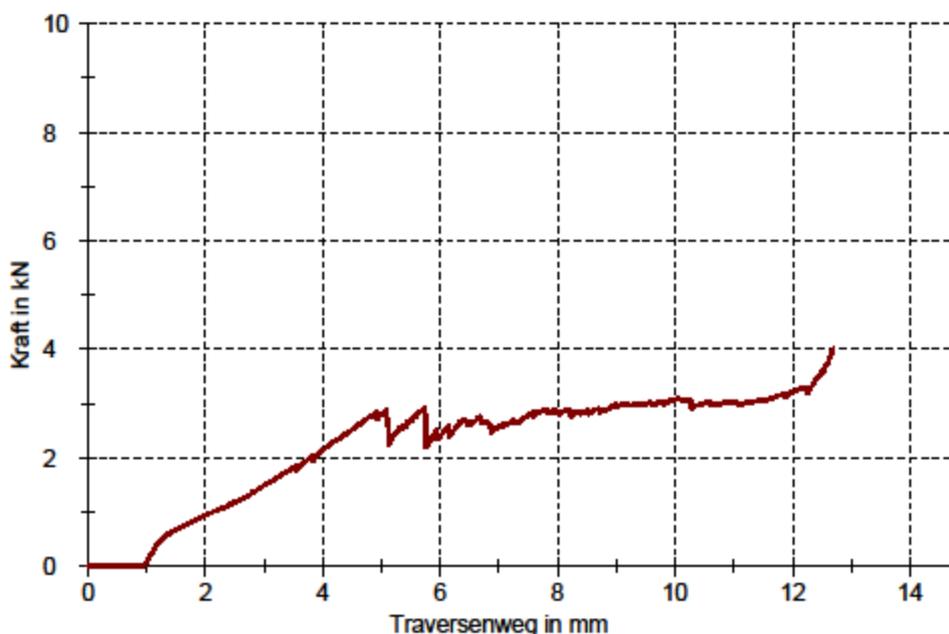
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-016	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	212	13,8	25	345,00	4,00	11,6	12,69

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,00	11,6	12,69
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Abbildung 369: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 21-2 vom 02.11.2010 mit Kugel
216

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

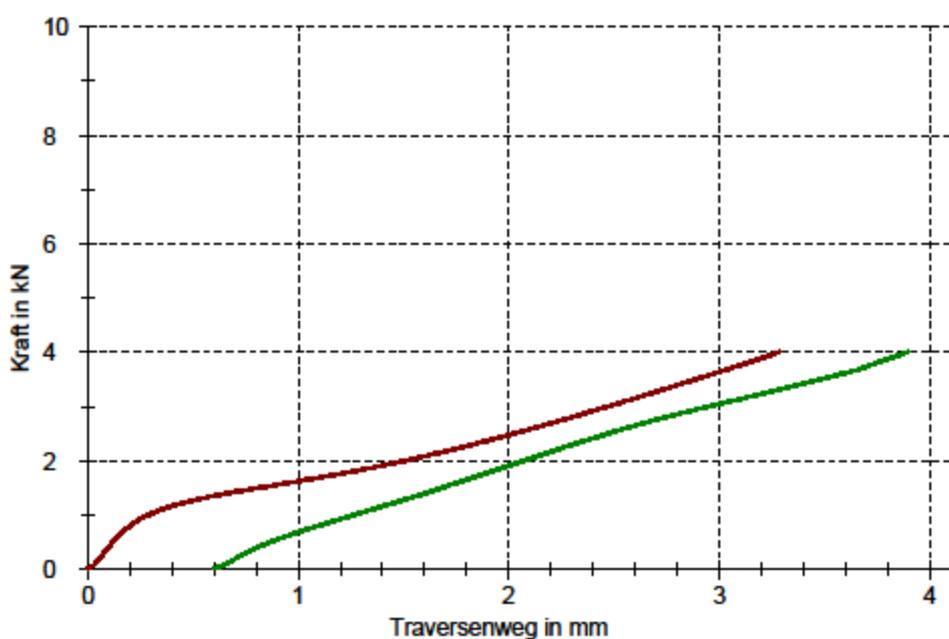
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	211	10	25	250,00	4,00	16,0	3,29
	212	10	25	250,00	4,00	16,0	3,30

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,00	16,0	3,29
s	0,00	0,0	0,01
v	0,03	0,03	0,28



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

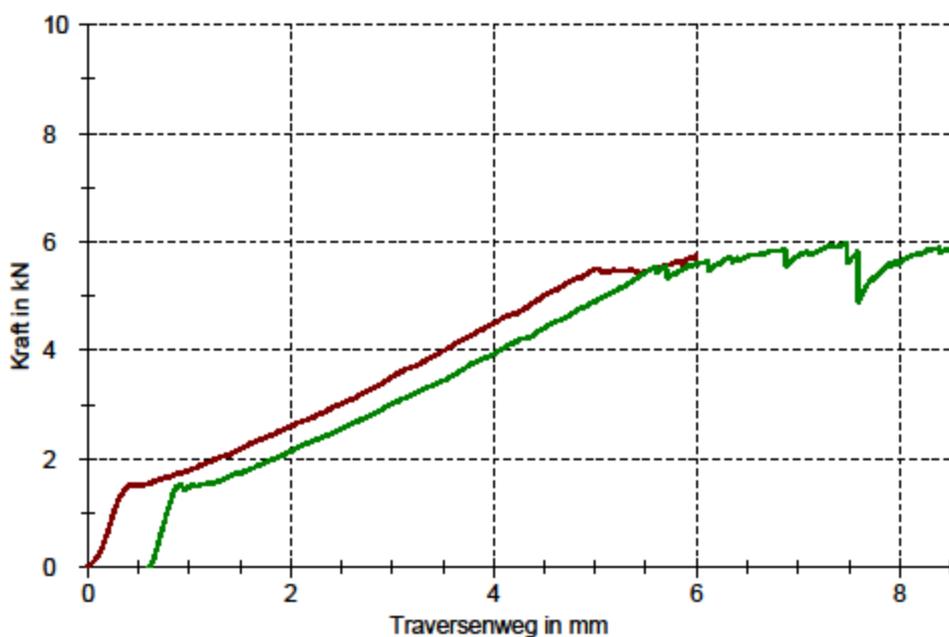
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	211	13,8	51	703,80	5,75	8,2	6,00
	212	13,8	51	703,80	5,97	8,5	6,88

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	5,86	8,3	6,44
s	0,16	0,2	0,62
v	2,66	2,66	9,68



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 371: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 21-1 und NGT 21-2 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

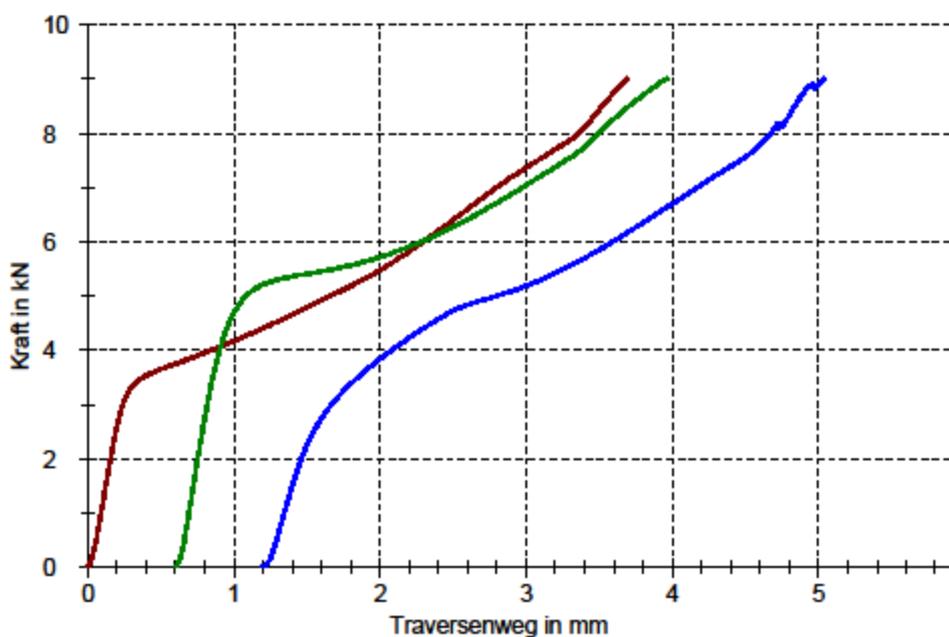
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	2101	10	51	510,00	9,00	17,7	3,89
■	2102	10	51	510,00	9,00	17,7	3,37
■	2103	10	51	510,00	9,00	17,7	3,84

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 3			
\bar{x}	9,00	17,7	3,63
s	0,00	0,0	0,24
v	0,01	0,01	6,62



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 372: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 21-1 bis NGT 21-3 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

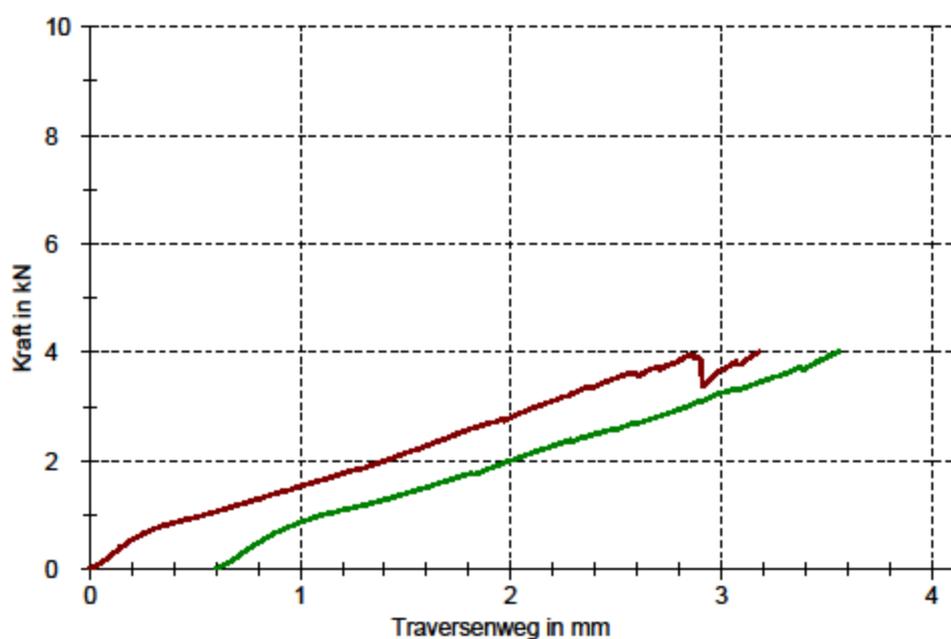
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	221	10	25	250,00	4,00	16,0	3,18
	2212	10	25	250,00	4,00	16,0	2,96

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,00	16,0	3,07
s	0,00	0,0	0,16
v	0,02	0,02	5,11



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

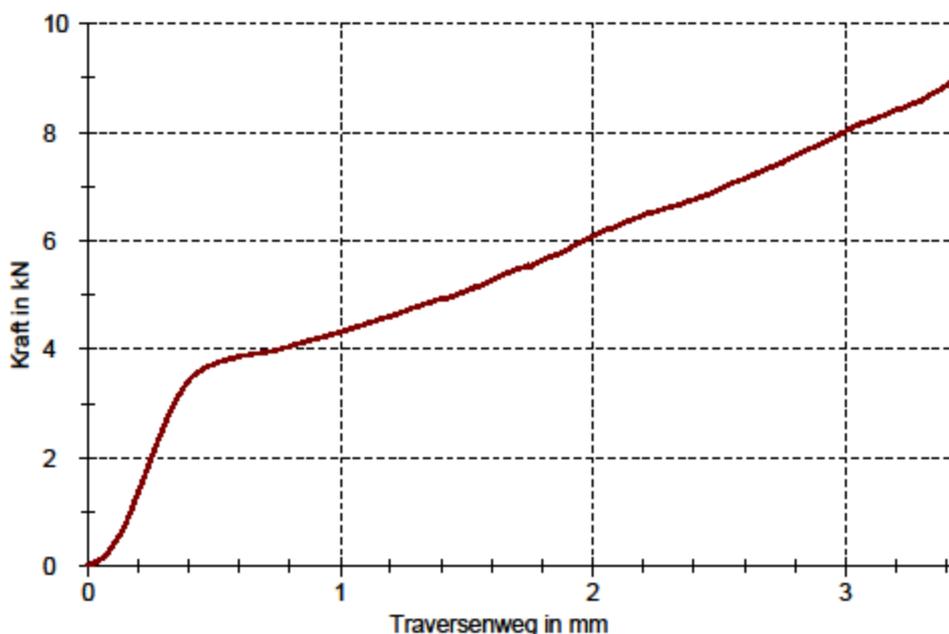
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-016	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	221	10	51	510,00	9,00	17,7	3,45

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,00	17,7	3,45
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 374: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 22-1 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

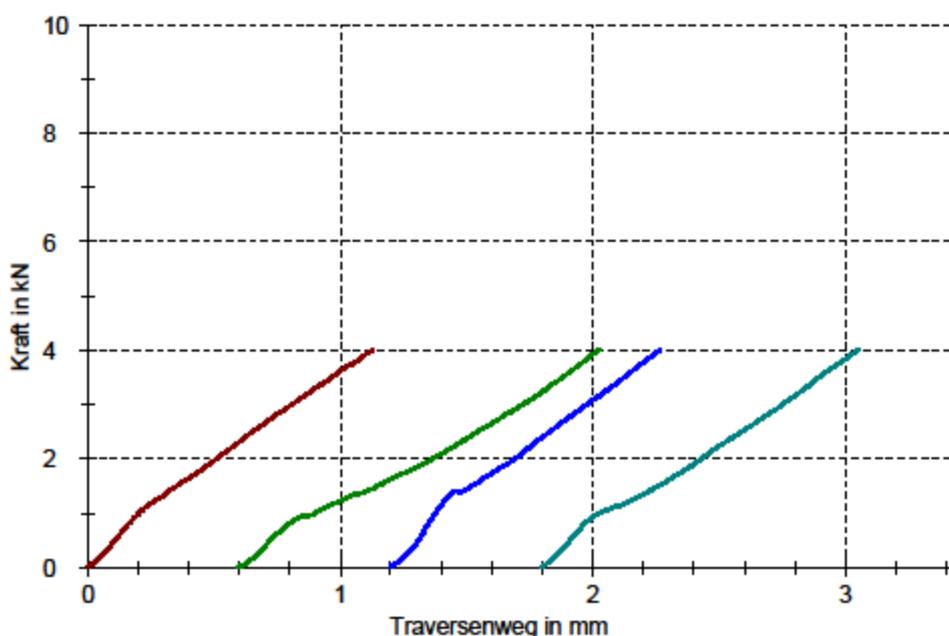
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	231	22,2	25	555,00	4,00	7,2	1,13
■	232	22,1	25	552,50	4,01	7,3	1,42
■	233	21,6	25	540,00	4,00	7,4	1,07
■	234	21,4	25	535,00	4,00	7,5	1,25

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
\bar{x}	4,00	7,3	1,22
s	0,00	0,1	0,16
v	0,05	1,76	12,92



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Abbildung 375: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 23-1 bis NGT 23-4 vom 02.11.2010 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

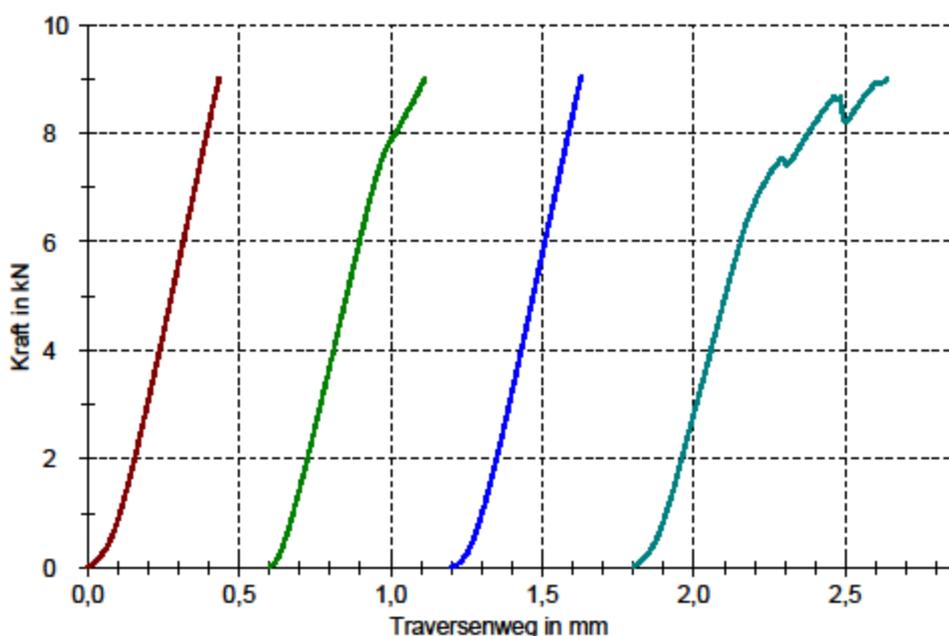
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	231	22,2	51	1132,20	9,00	8,0	0,43
■	232	22,1	51	1127,10	9,02	8,0	0,51
■	233	22,1	51	1127,10	9,03	8,0	0,43
■	234	21,9	51	1116,90	9,01	8,1	0,84

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
\bar{x}	9,01	8,0	0,55
s	0,01	0,0	0,20
v	0,11	0,58	35,30



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 376: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 23-1 bis NGT 23-4 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

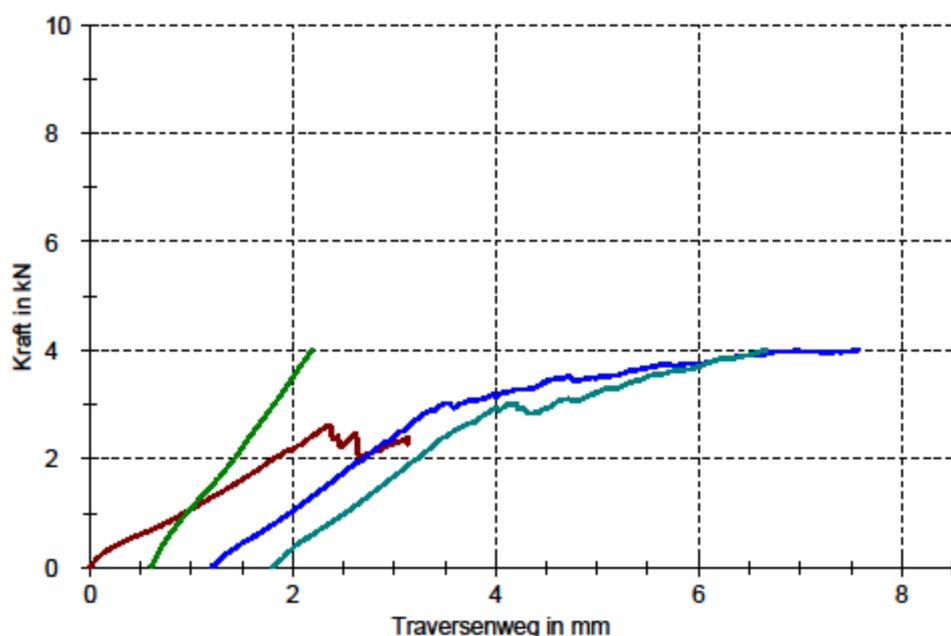
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	241	20,8	25	520,00	2,61	5,0	2,36
	242	20,6	25	515,00	4,00	7,8	1,59
	243	20,6	25	515,00	4,00	7,8	6,38
	244	21,2	25	530,00	4,00	7,5	4,87

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
x	3,65	7,0	3,80
s	0,70	1,3	2,22
v	19,03	19,09	58,39



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Abbildung 377: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 24-1 bis NGT 24-4 vom 02.11.2010 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

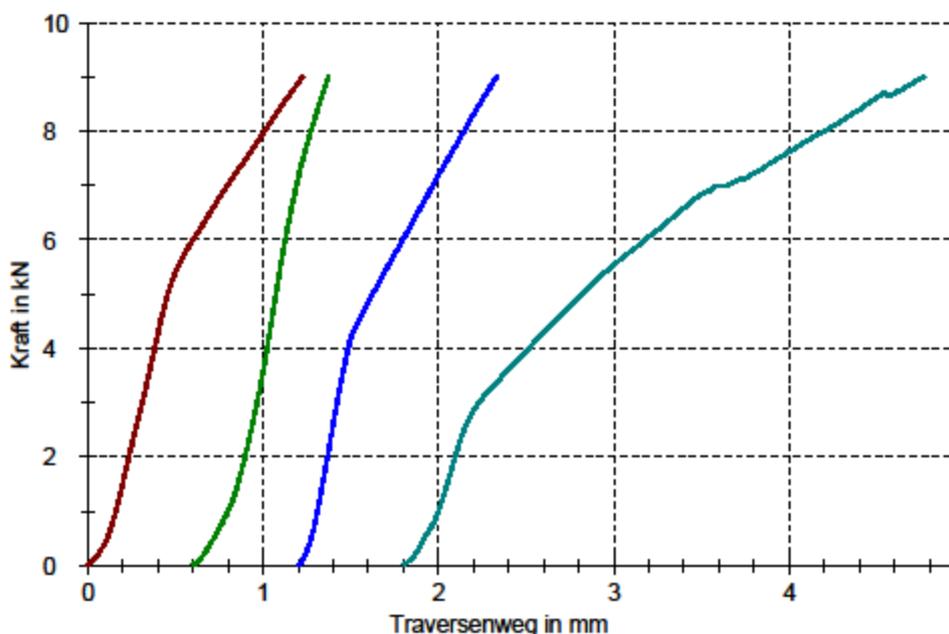
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	241	20,9	51	1065,90	9,00	8,4	1,23
■	242	21,1	51	1076,10	9,01	8,4	0,77
■	243	21,1	51	1076,10	9,01	8,4	1,13
■	244	21,3	51	1086,30	9,00	8,3	2,97

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
\bar{x}	9,00	8,4	1,53
s	0,00	0,1	0,98
v	0,04	0,79	64,32



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Abbildung 378: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 24-1 bis NGT 24-4 vom 02.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

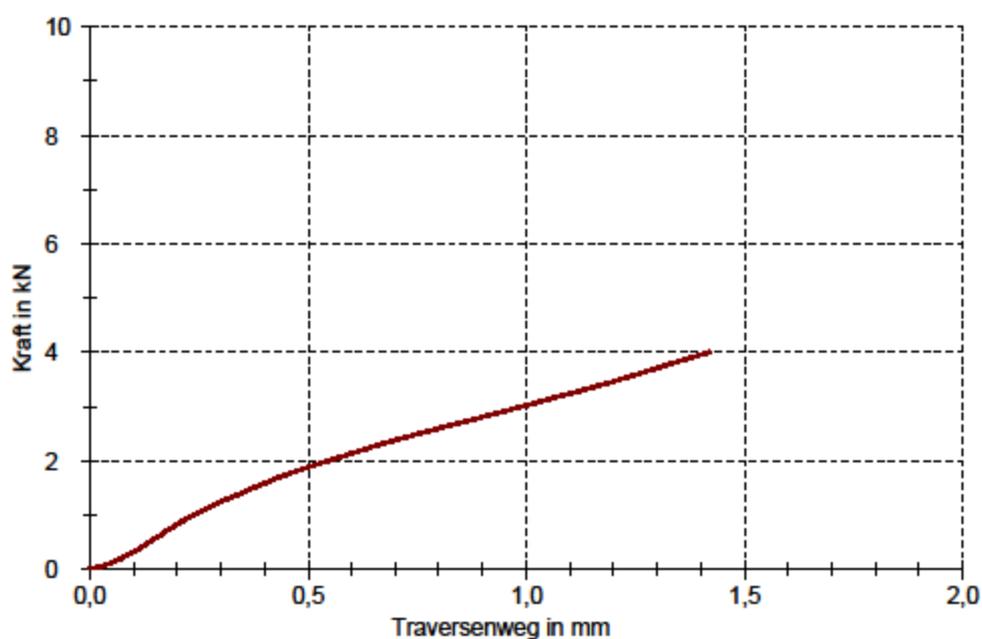
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	251	16,3	25	407,50	4,00	9,8	1,42

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,00	9,8	1,42
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Druckstempel: Kugel
Ab Probe 182 mit 2mm pro min

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

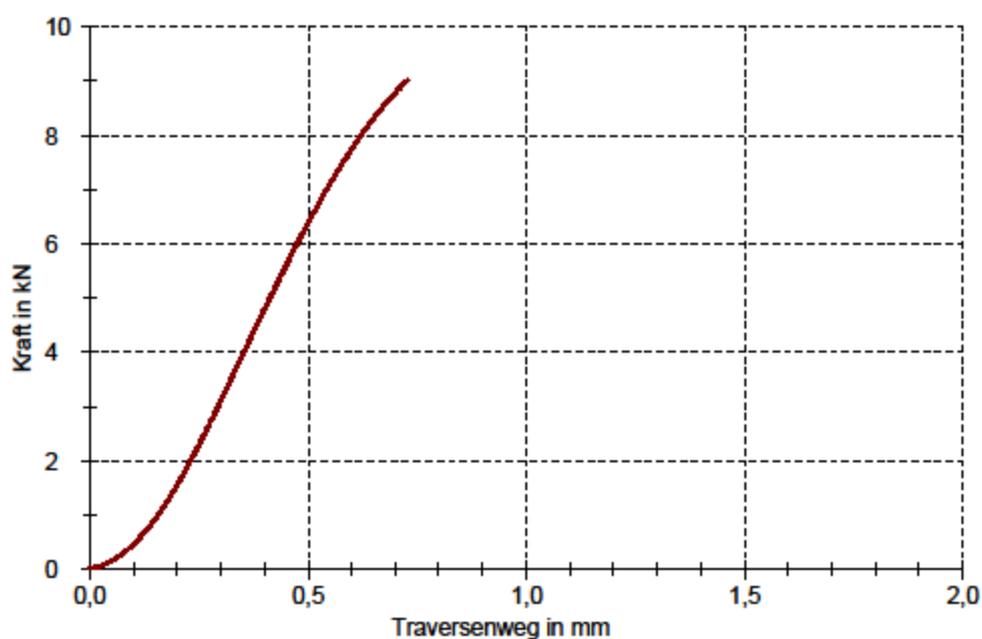
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	251	16,2	51	826,20	9,00	10,9	0,73

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,00	10,9	0,73
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Ab Probe 172 mit 2mm pro min Rollentest

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

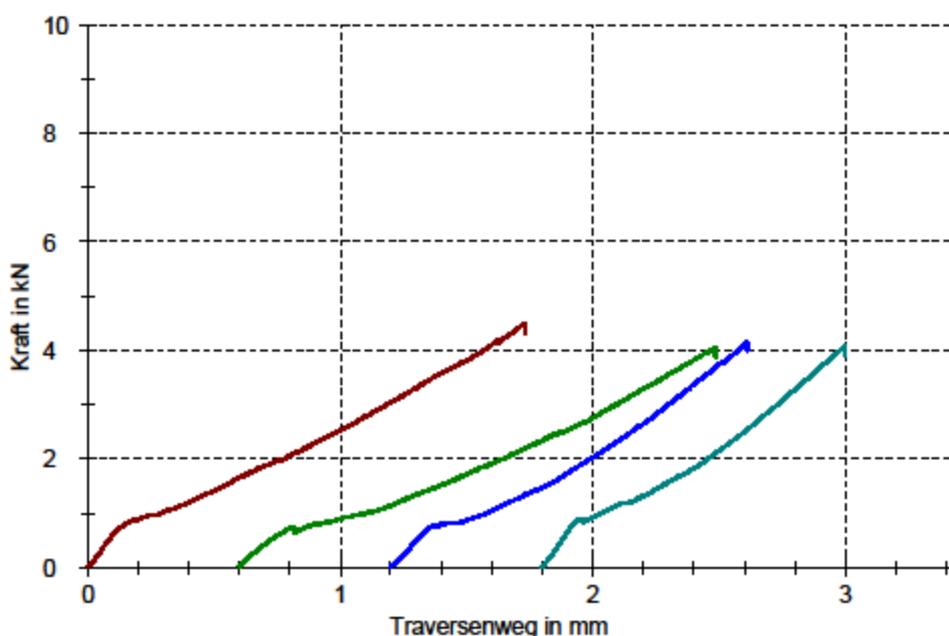
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	2611	7,8	25	195,00	4,49	23,0	1,73
■	2612	7,8	25	195,00	4,04	20,7	1,88
■	2621	7,5	25	187,50	4,15	22,1	1,41
■	2622	7,5	25	187,50	4,07	21,7	1,20

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
x	4,19	21,9	1,55
s	0,21	1,0	0,31
v	4,96	4,40	19,93



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rollentest

Abbildung 381: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 26 mit Kugel vom 19.11.2010

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

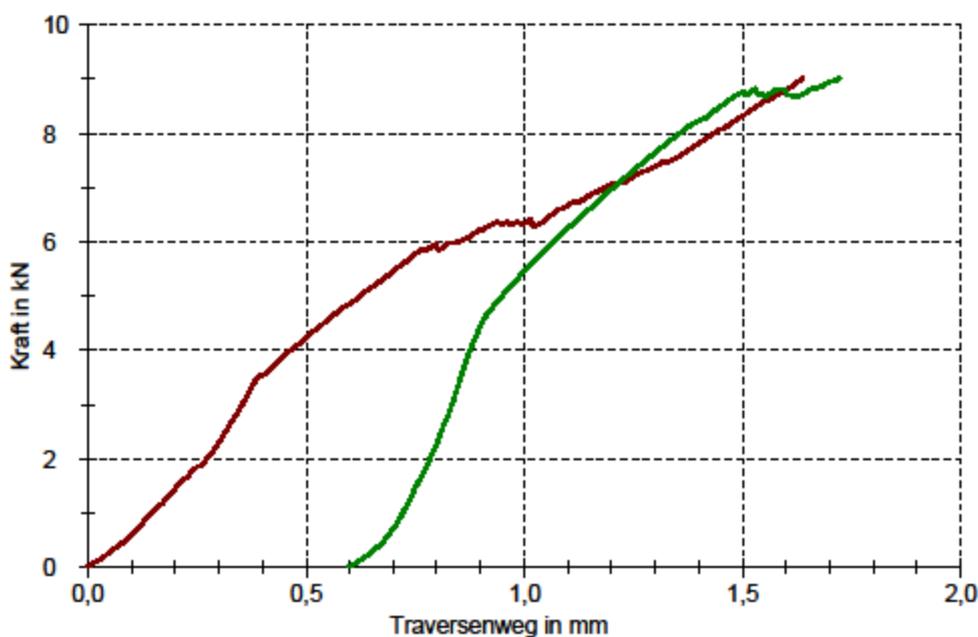
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	261	7,8	51	397,80	9,01	22,8	1,64
	262	7,8	51	397,80	9,01	22,8	1,12

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	9,01	22,6	1,38
s	0,00	0,0	0,37
v	0,01	0,01	26,45



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rolle

Abbildung 382: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 26-1 und NGT 26-2 vom 19.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

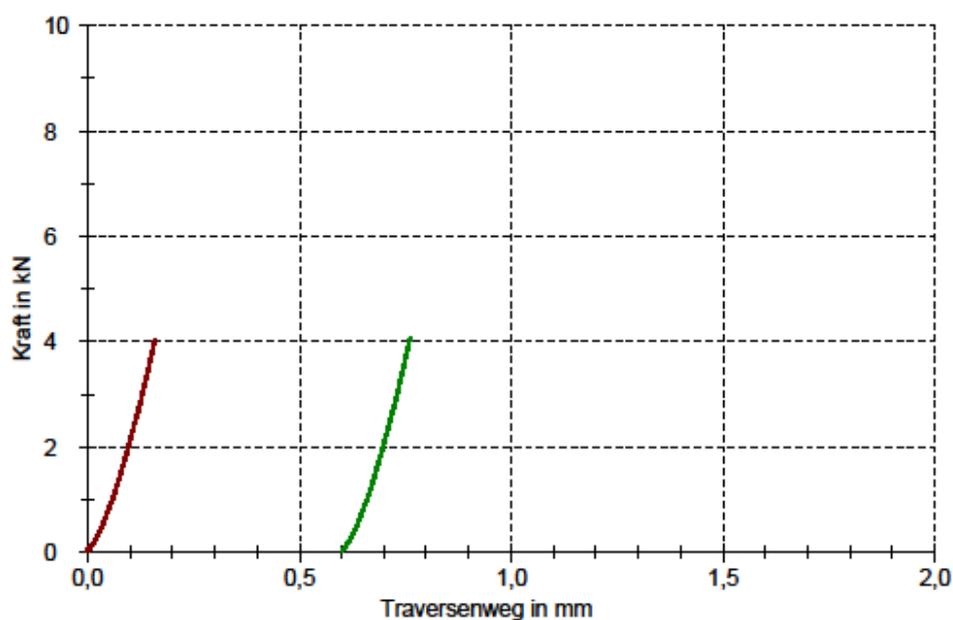
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-016	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	2711	1,4	25	35,00	4,03	115,3	0,16
	2712	1,4	25	35,00	4,05	115,7	0,16

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,04	115,5	0,16
s	0,01	0,3	0,00
v	0,29	0,29	0,77



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rollentest

Abbildung 383: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 27-1 und NGT 27-2 vom 19.11.2010 mit Kugel⁴²

⁴² Hier ist das Prüfprotokoll falsch benannt.

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

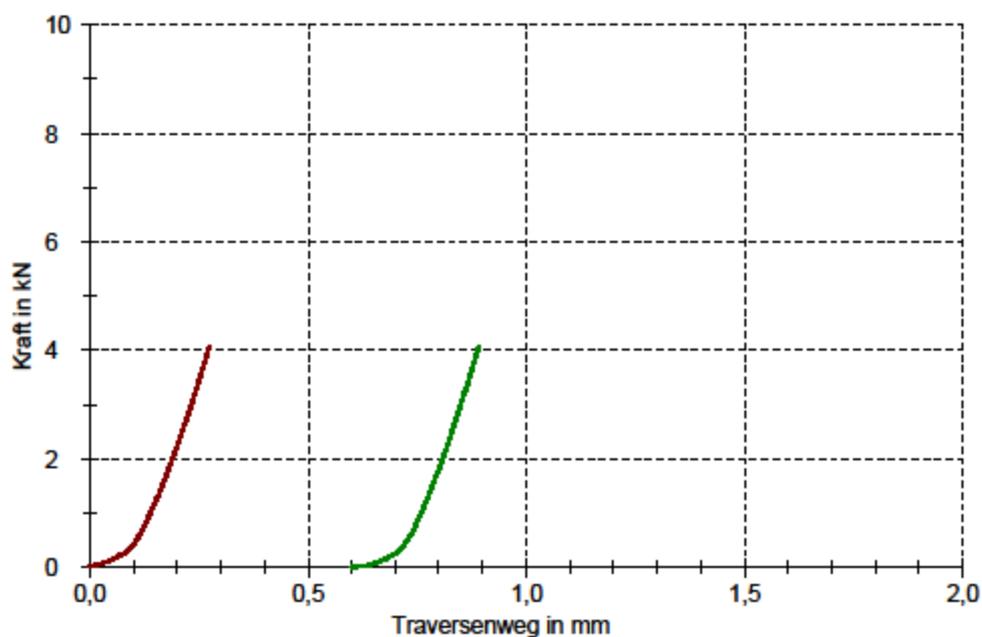
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-27-(Pr.3.4)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	1,35	25	33,75	4,05	119,9	0,27
	2	1,35	25	33,75	4,05	120,1	0,29

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,05	120,0	0,28
s	0,00	0,1	0,01
v	0,12	0,12	4,25



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

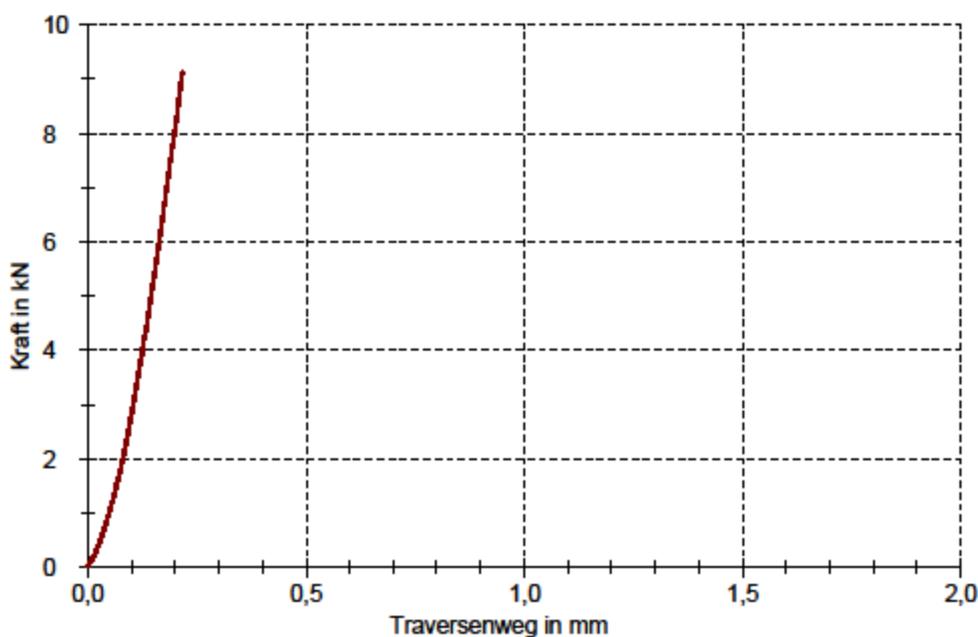
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	271	1,4	51	71,40	9,12	127,8	0,22

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
\bar{x}	9,12	127,8	0,22
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rolle

Abbildung 385: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 27-1 vom 19.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

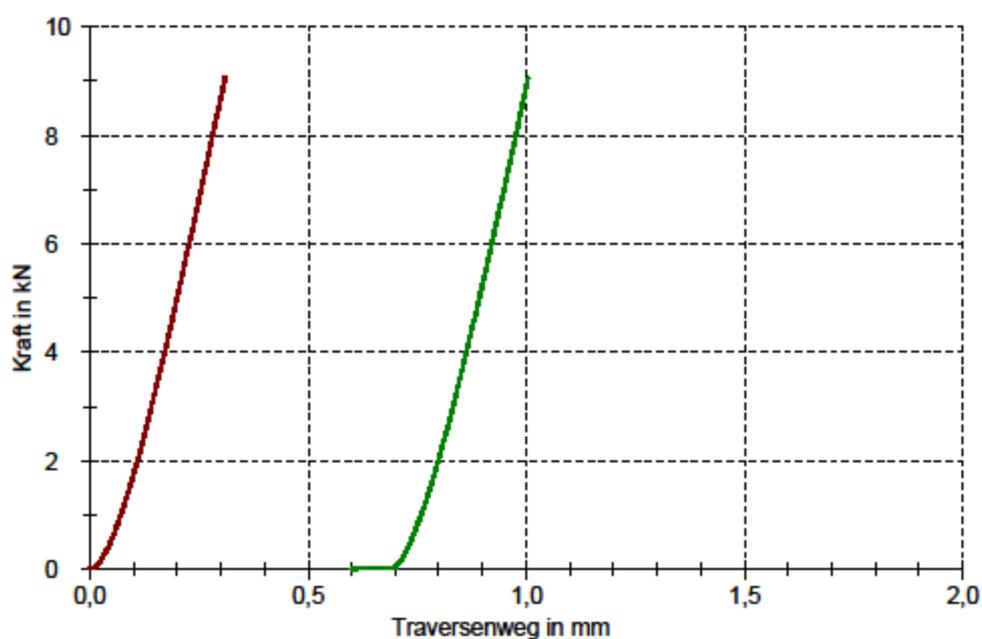
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-27-(Pr.3.4)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	3	1,35	51	68,85	9,06	131,7	0,31
	4	1,35	51	68,85	9,04	131,3	0,40

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	9,05	131,5	0,36
s	0,02	0,2	0,07
v	0,17	0,17	18,61



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

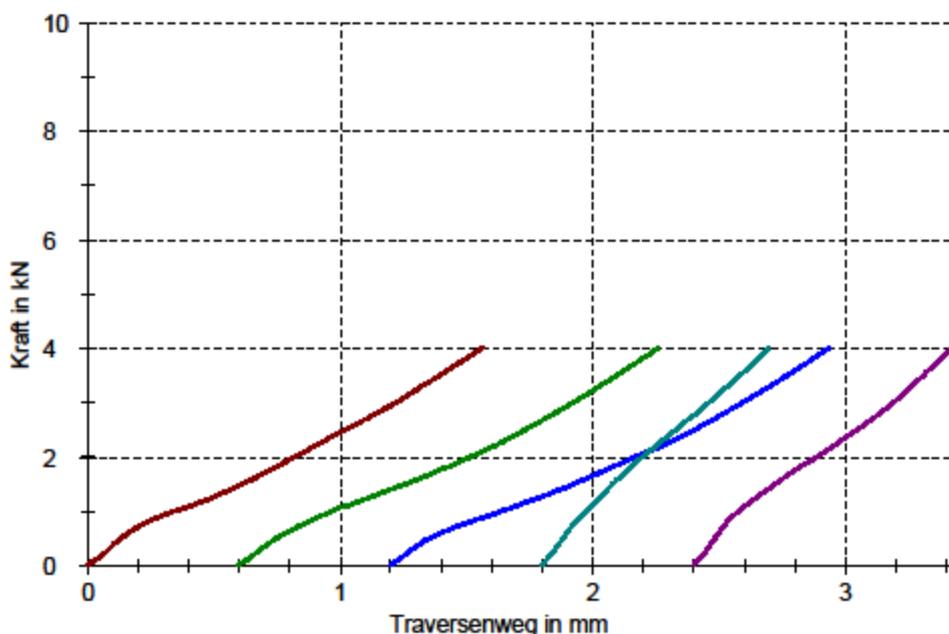
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	2811	22,5	25	562,50	4,01	7,1	1,58
■	2812	22,5	25	562,50	4,01	7,1	1,86
■	2821	22,5	25	562,50	4,00	7,1	1,73
■	2822	22,5	25	562,50	4,00	7,1	0,90
■	2823	22,5	25	562,50	4,00	7,1	1,02

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 5			
x	4,00	7,1	1,37
s	0,00	0,0	0,39
v	0,04	0,04	28,15



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Kugel

Abbildung 387: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 28-11, NGT 28-12 und NGT 28-21 bis NGT 28-23 vom 19.11.2010 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

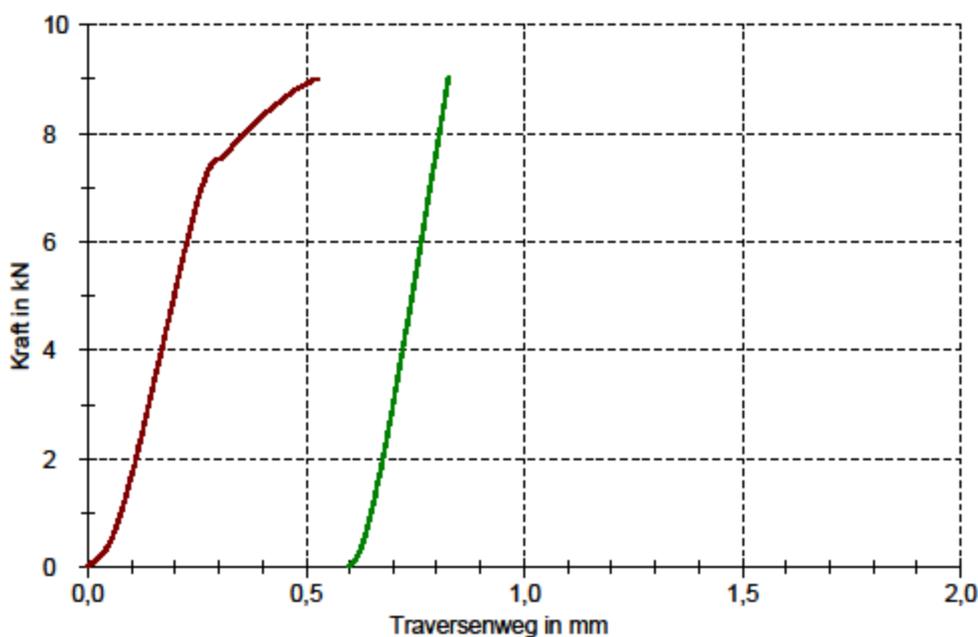
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	281	22,5	51	1147,50	9,00	7,8	0,53
	282	22,5	51	1147,50	9,04	7,9	0,23

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	9,02	7,9	0,38
s	0,02	0,0	0,21
v	0,27	0,27	56,26



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rolle

Abbildung 388: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 28-1 und NGT 28-2 vom 19.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

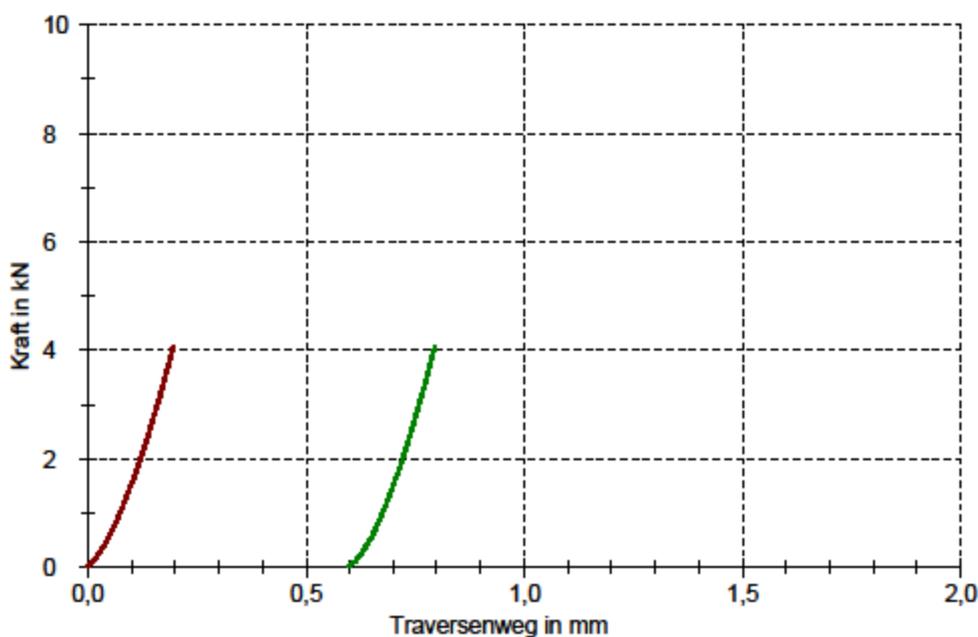
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	2911	2,4	25	60,00	4,04	67,4	0,20
	2912	2,4	25	60,00	4,06	67,6	0,19

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,05	67,5	0,20
s	0,01	0,2	0,00
v	0,23	0,23	0,11



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rollentest

Abbildung 389: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 29-11 und NGT 29-12 vom 19.11.2010 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

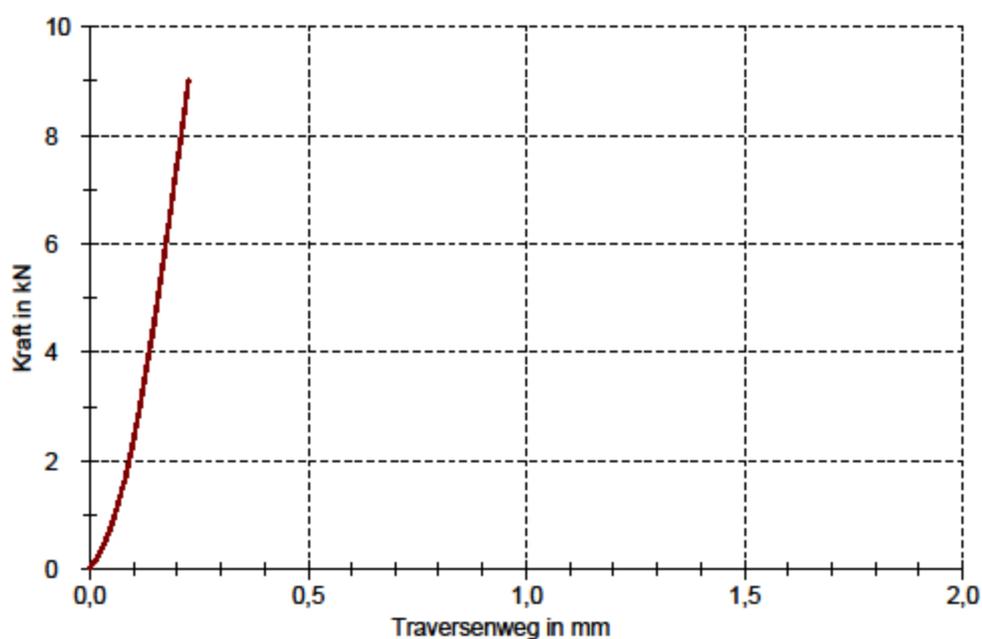
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	291	2,5	51	127,50	9,01	70,7	0,23

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,01	70,7	0,23
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: 171 mit 1mm/min
172 mit 2mm/min
Rolle

Abbildung 390: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 29-1 vom 19.11.2010 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

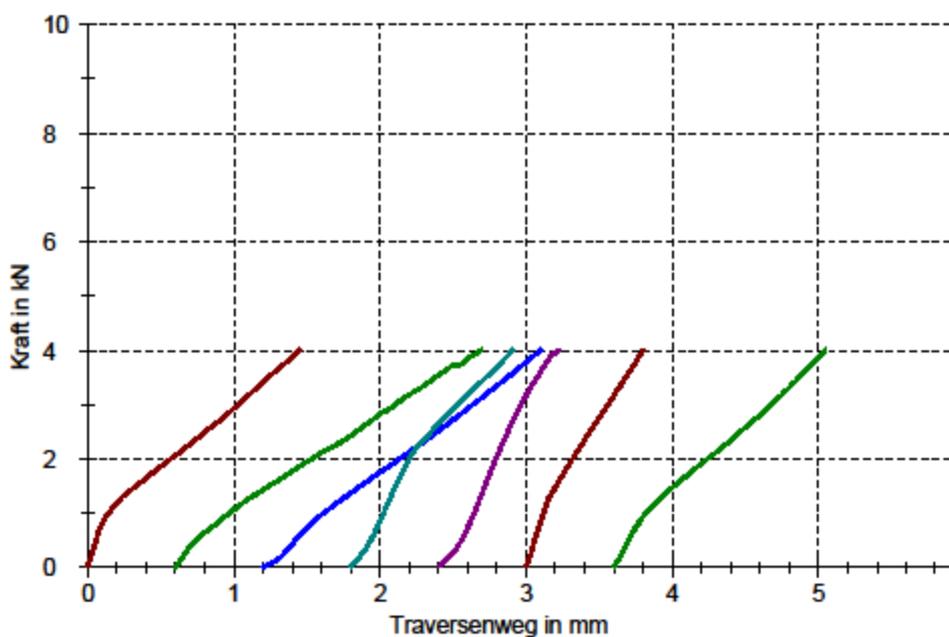
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	3011	12	25	300,00	4,00	13,3	1,45
	3012	12	25	300,00	4,00	13,3	2,09
	3111	12	25	300,00	4,00	13,3	1,90
	3211	13	25	325,00	4,00	12,3	1,11
	3212	13	25	325,00	4,00	12,3	0,82
	3311	11,5	25	287,50	4,00	13,9	0,80
	3312	11,5	25	287,50	4,00	13,9	1,45

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 7			
x	4,00	13,2	1,38
s	0,00	0,7	0,50
v	0,03	5,03	36,45



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

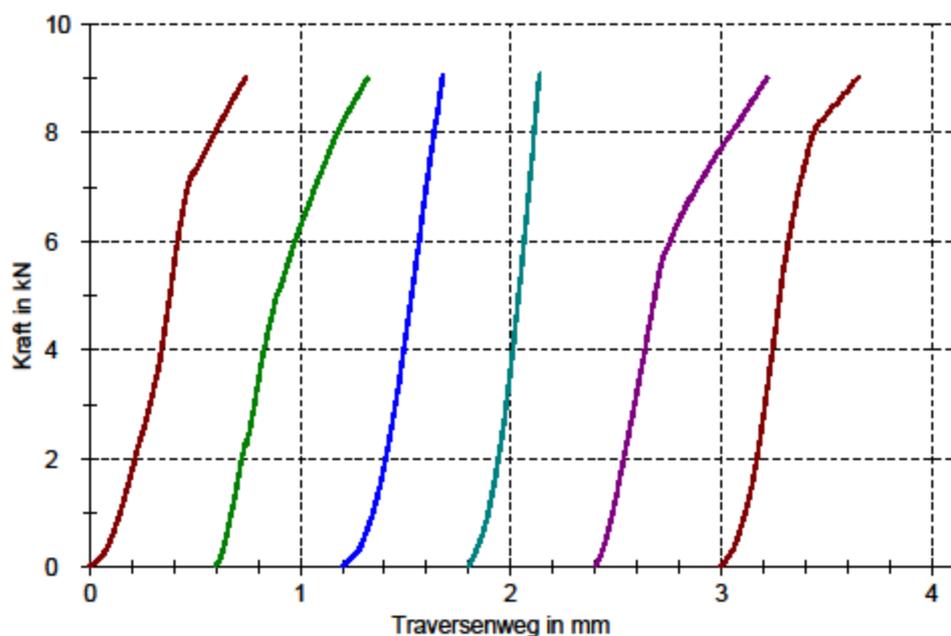
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Westphal	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	3011	12	51	612,00	9,01	14,7	0,74
	3012	12	51	612,00	9,01	14,7	0,72
	3111	12	51	612,00	9,04	14,8	0,48
	3211	13	51	663,00	9,07	13,7	0,34
	3311	12,5	51	637,50	9,01	14,1	0,82
	3312	12,5	51	637,50	9,00	14,1	0,85

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 6			
x	9,02	14,4	0,62
s	0,03	0,4	0,18
v	0,29	3,13	29,17



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

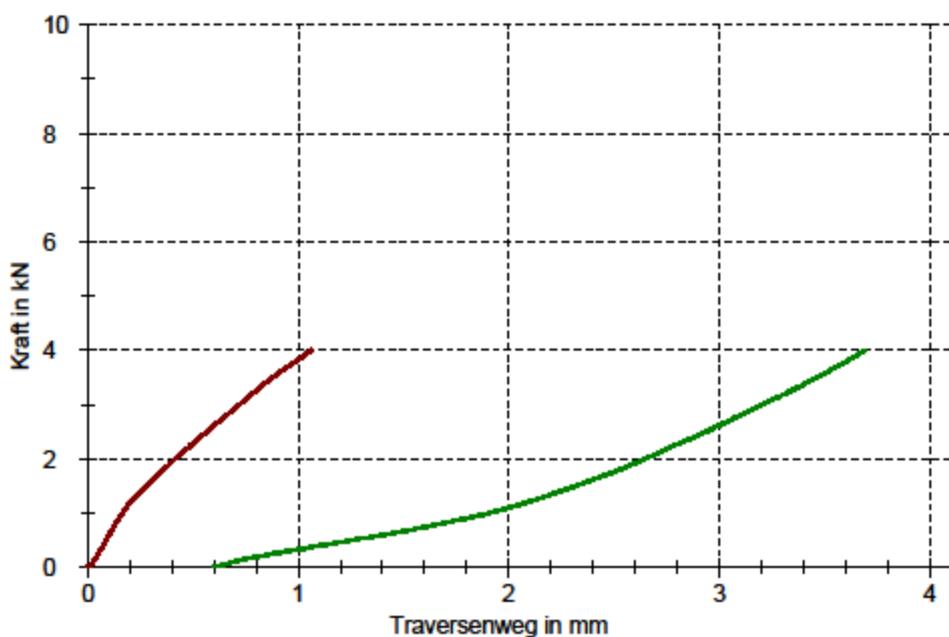
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-33-(Pr.2)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	12,5	25	312,50	4,00	12,8	1,08
	2	12,5	25	312,50	4,00	12,8	3,09

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	4,00	12,8	2,08
s	0,00	0,0	1,44
v	0,00	0,00	89,02



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

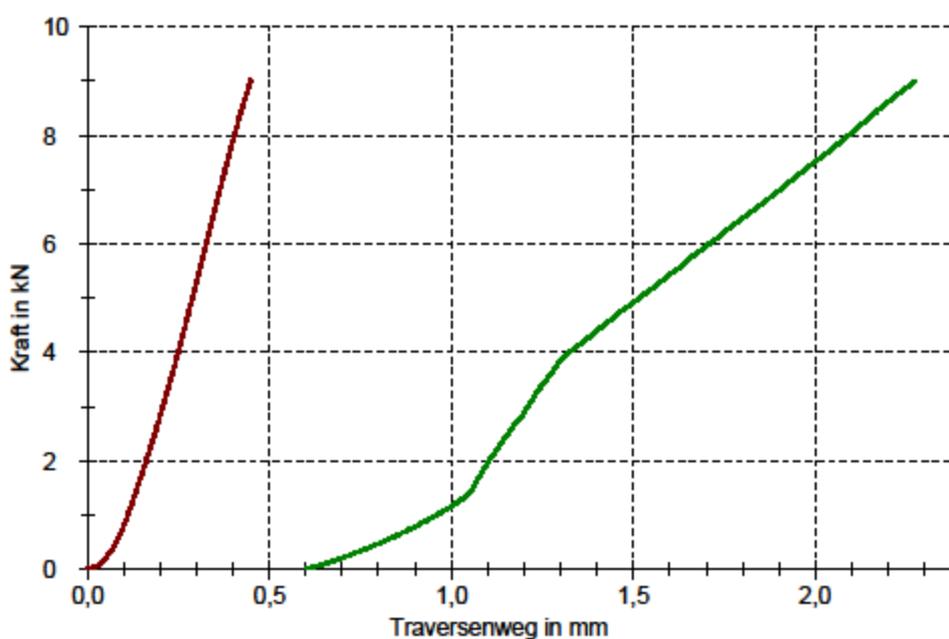
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-33-(Pr.2)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	12,5	51	637,50	9,01	14,1	0,45
	2	12,5	51	637,50	9,01	14,1	1,88

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 2			
x	9,01	14,1	1,06
s	0,01	0,0	0,87
v	0,06	0,06	81,62



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

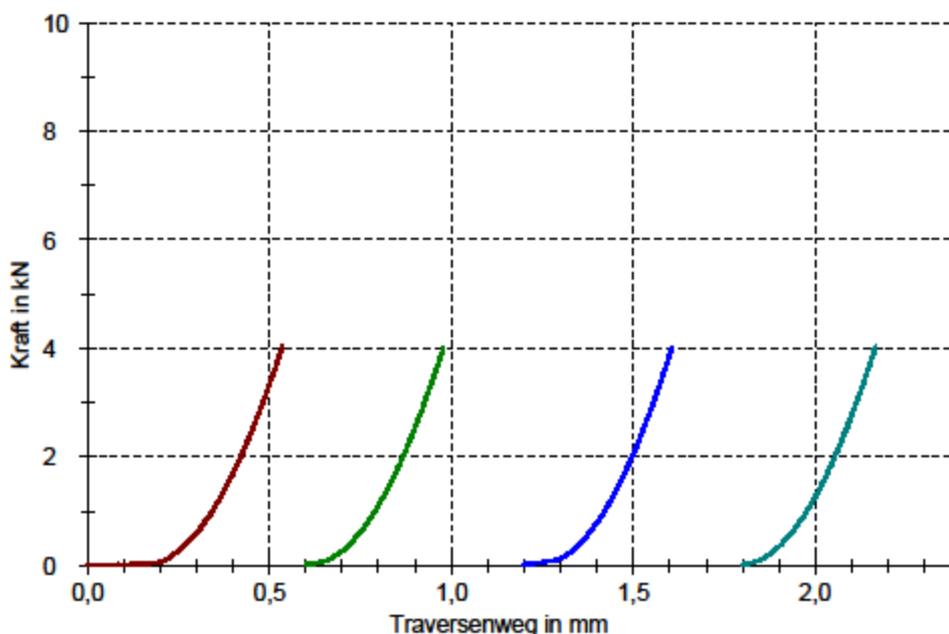
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Albrecht	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	4,06	25	101,50	4,03	39,7	0,54
	2	4,06	25	101,50	4,02	39,6	0,38
	3	4,06	25	101,50	4,01	39,5	0,41
	4	4,06	25	101,50	4,03	39,7	0,37

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
\bar{x}	4,02	39,6	0,42
s	0,01	0,1	0,08
v	0,19	0,19	18,43



Bemerkungen:
Kugel

Abbildung 395: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 34-1 bis NGT 34-4 vom 16.02.2011 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

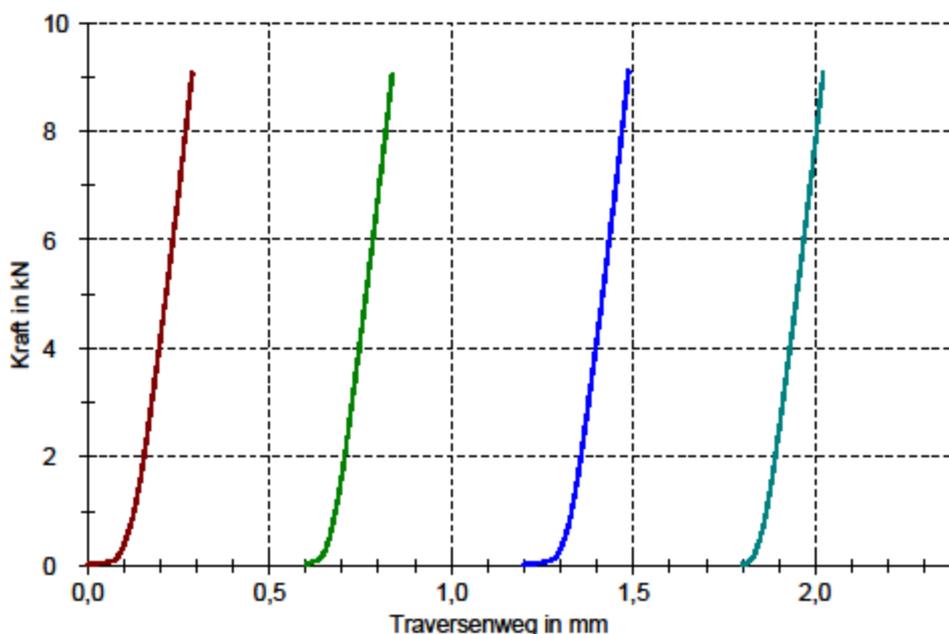
Projektname	: NGT	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftraggeber	: J. Nickel	Probenhalter	:
Auftragsnummer	: 2832111	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Freie Länge	: 32 mm
Prüfer	: C. Albrecht	Vorkraft	: 10 N
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Prüfklima	: 23°C
Material	: Sandwich	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.
Kraftaufnehmer	: 100kN		

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
■	1	4,06	51	207,06	9,08	43,8	0,29
■	2	4,06	51	207,06	9,04	43,7	0,24
■	3	4,06	51	207,06	9,11	44,0	0,29
■	4	4,06	51	207,06	9,08	43,9	0,22

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 4			
\bar{x}	9,08	43,8	0,26
s	0,03	0,1	0,03
v	0,34	0,34	13,17



Bemerkungen:

Abbildung 396: Vollständige Testergebnisse der Proben NGT 34-1 bis NGT 34-4 vom 16.02.2011 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

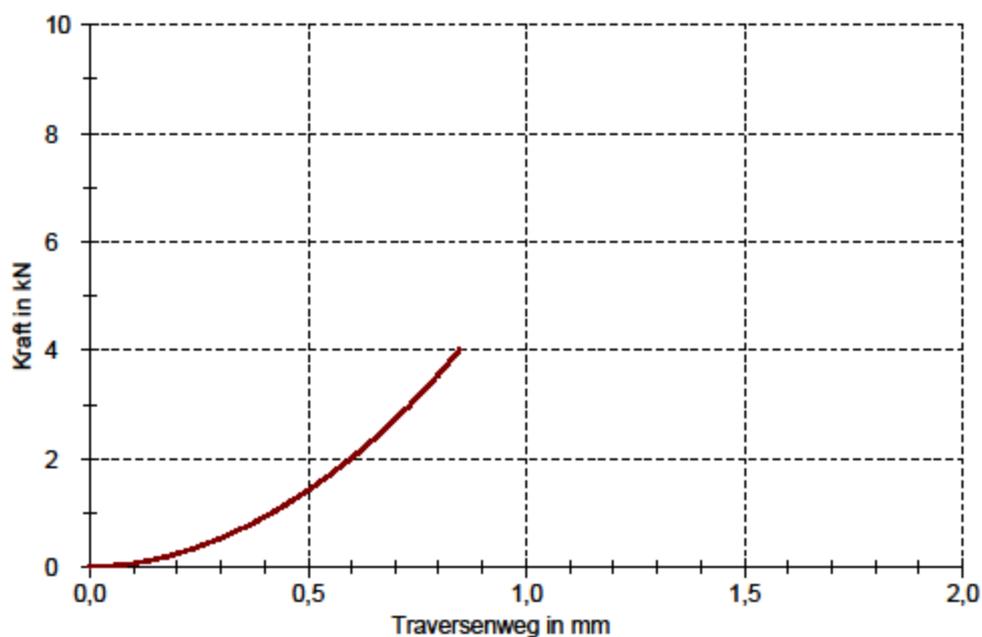
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-35-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	35	4	25	100,00	4,01	40,1	0,85

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,01	40,1	0,85
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

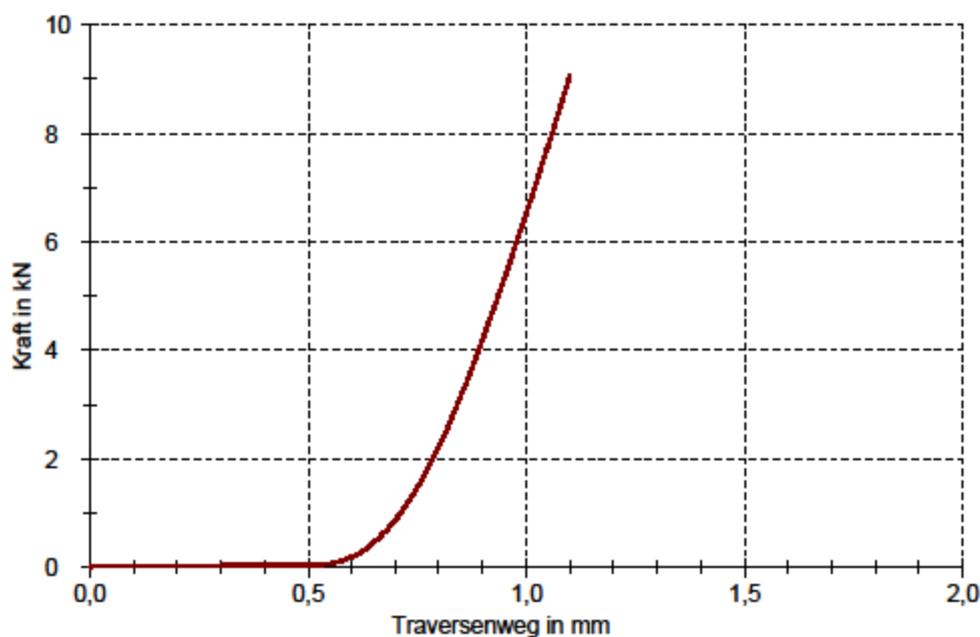
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-35	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	4	51	204,00	9,04	44,3	1,10

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,04	44,3	1,10
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Abbildung 398: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 35 vom 29.08.2011 mit Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

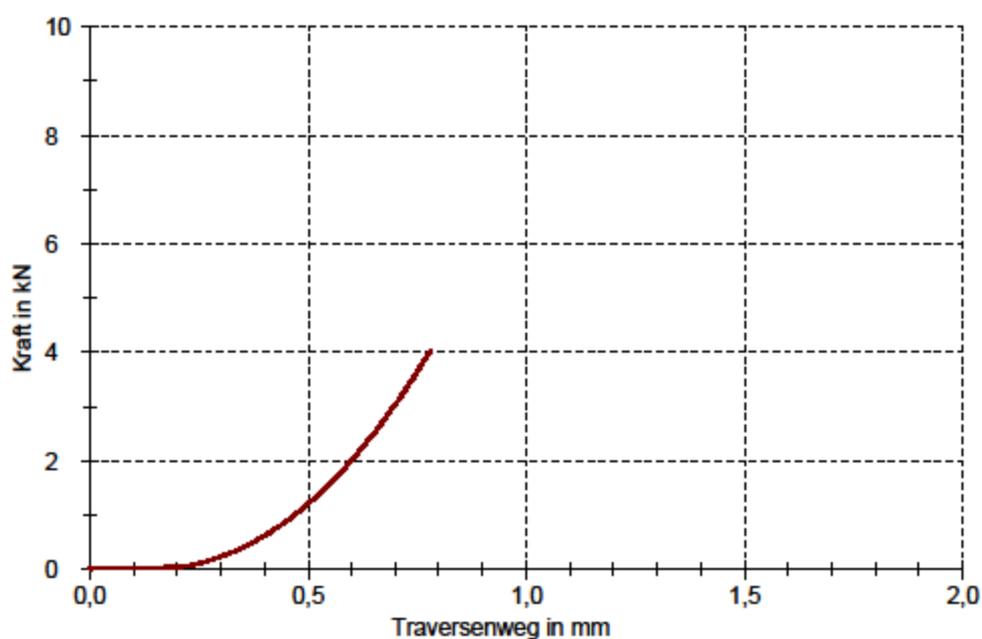
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-36-(Pr.1)	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,1	25	127,50	4,01	31,5	0,78

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,01	31,5	0,78
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Kugel

Abbildung 399: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 36 vom 30.08.2011 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

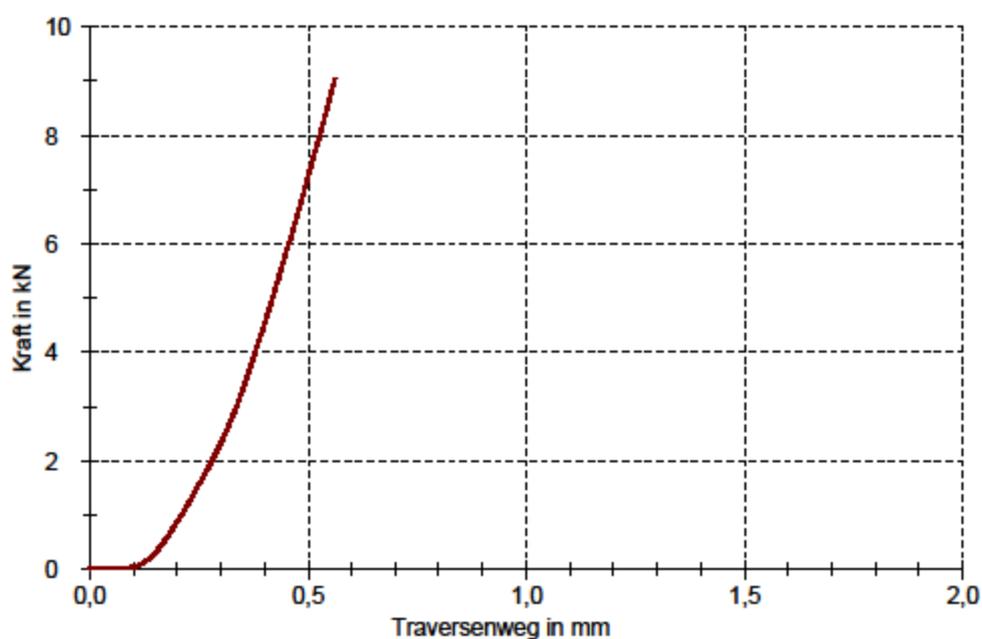
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 20kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	: Druckteller unten
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 10 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-36	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,1	51	260,10	9,04	34,7	0,56

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,04	34,7	0,56
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

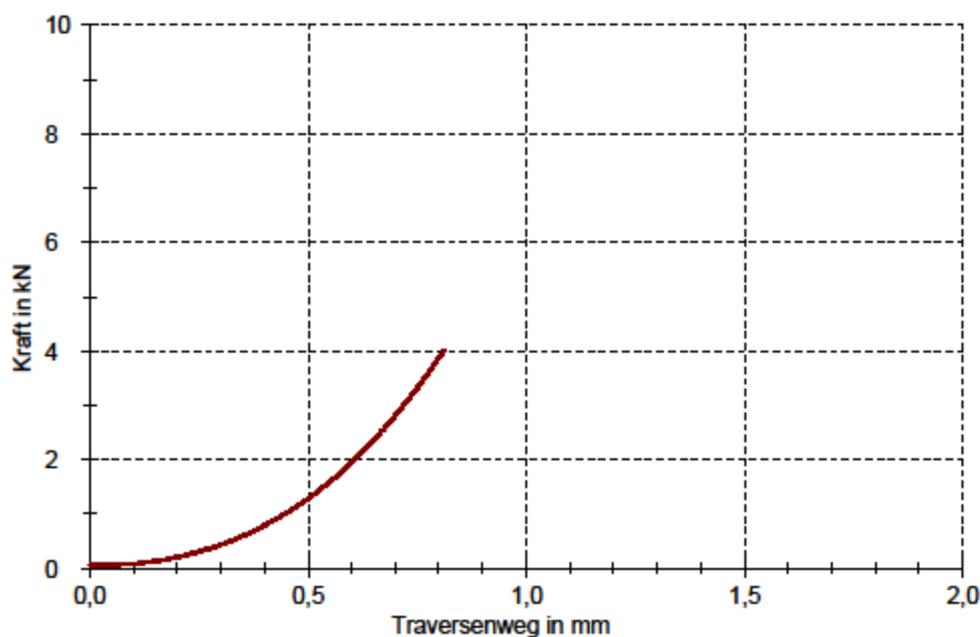
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT 37.1-1- Kugel	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,7	25	142,50	4,01	28,1	0,81

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,01	28,1	0,81
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen:
Kugel

Abbildung 401: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 37 vom 21.02.2012 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

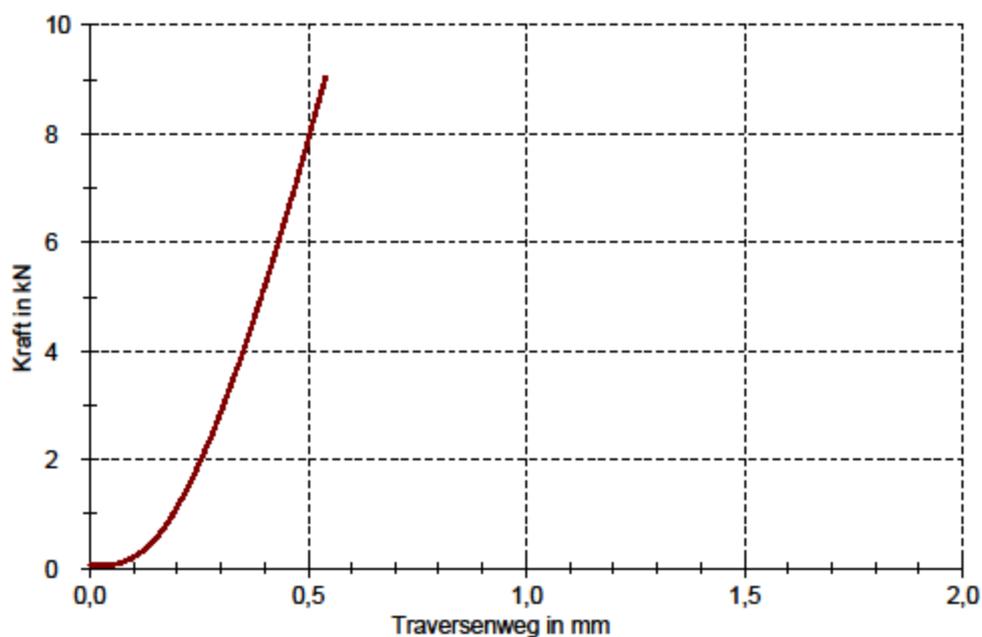
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: I. Bartsch	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2256199	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-37.1-1- Rolle	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,7	51	290,70	9,05	31,1	0,54

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	9,05	31,1	0,54
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

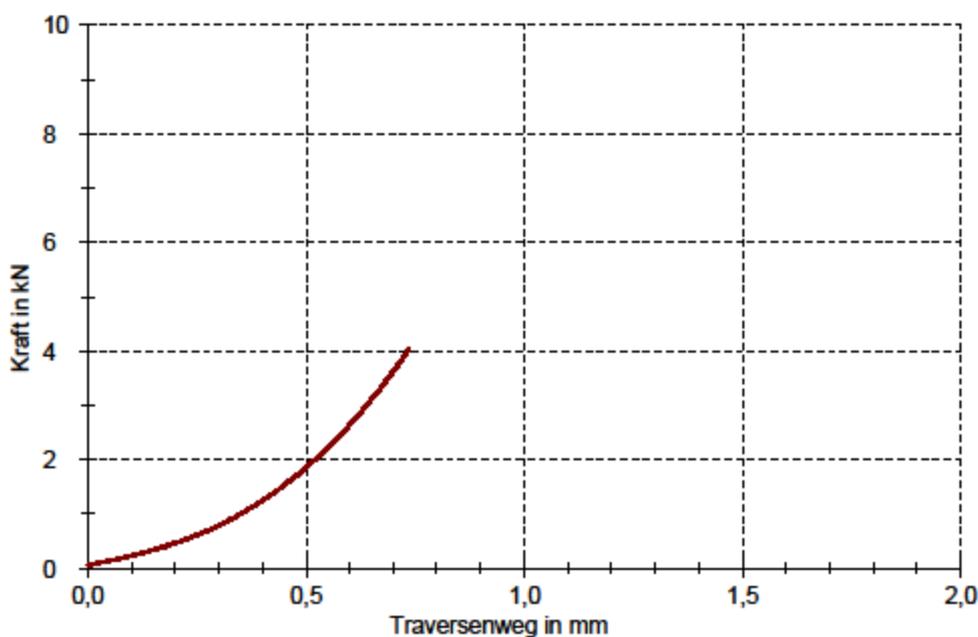
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT 37.1-2- Kugel	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,7	25	142,50	4,02	28,2	0,74

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,02	28,2	0,74
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen:
Kugel

Abbildung 403: Vollständige Testergebnisse der Probe 37-1-2 vom 21.02.2012 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

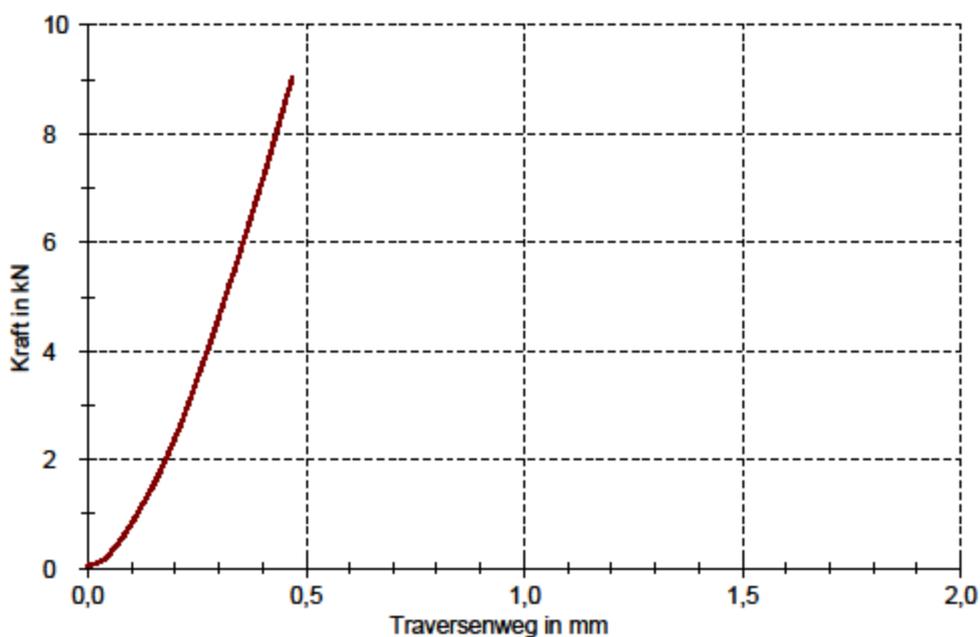
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: I. Bartsch	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2256199	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-37.1-2- Rolle	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d_0 mm	b_0 mm	A mm ²	F_{max} kN	σ_d MPa	ΔL mm
	1	5,7	51	290,70	9,03	31,1	0,47

Statistik:

Serie	F_{max} kN	σ_d MPa	ΔL mm
n = 1			
\bar{x}	9,03	31,1	0,47
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

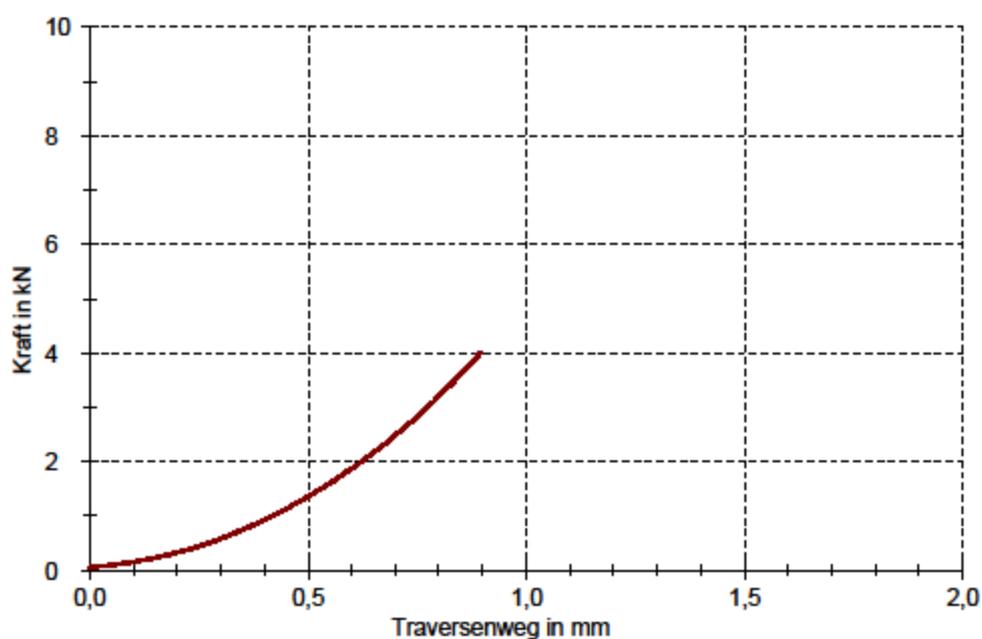
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT 38-1- Kugel	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	5,8	25	145,00	4,02	27,7	0,90

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
\bar{x}	4,02	27,7	0,90
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen:
Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

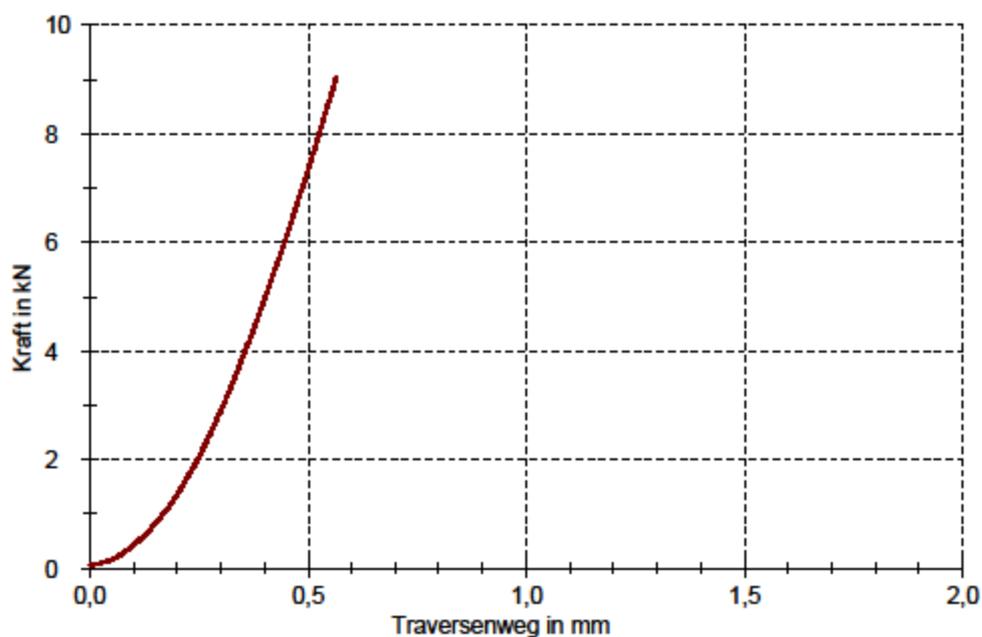
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: I. Bartsch	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2256199	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-38.1- Rolle	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d_0 mm	b_0 mm	A mm ²	F_{max} kN	σ_d MPa	ΔL mm
	1	5,8	51	295,80	9,04	30,5	0,56

Statistik:

Serie	F_{max} kN	σ_d MPa	ΔL mm
n = 1			
\bar{x}	9,04	30,5	0,56
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

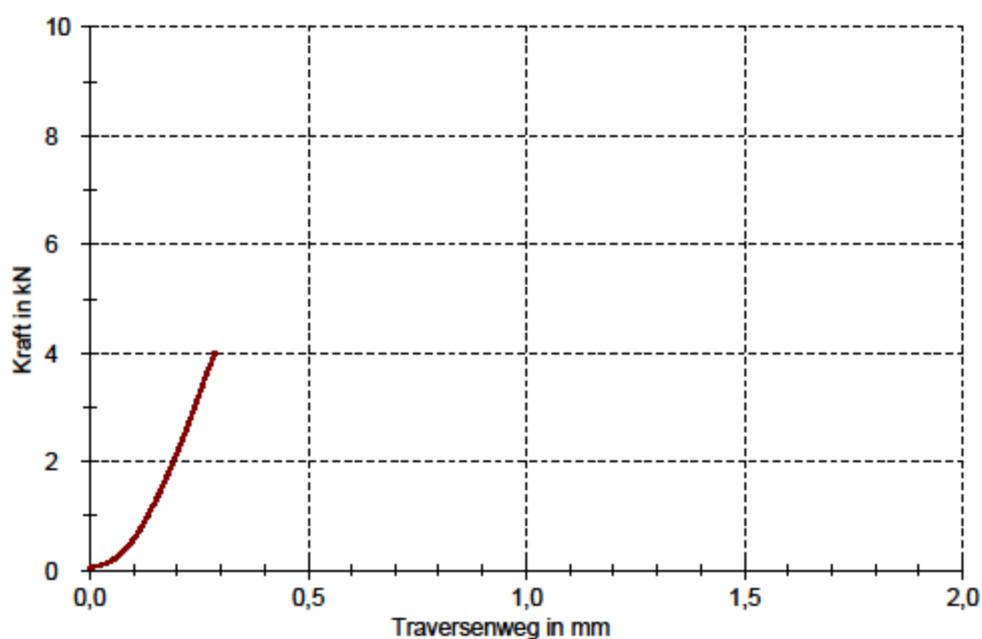
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: J. Nickel	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2832111	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit:	2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT 39-1- Kugel	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	1,05	25	26,25	4,02	153,2	0,29

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
x	4,02	153,2	0,29
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen:
Kugel

Abbildung 407: Vollständige Testergebnisse der Probe NGT 39-1 vom 21.02.2012 mit Kugel

Prüfverfahren: Druckprüfung nach ULD TM 50/1

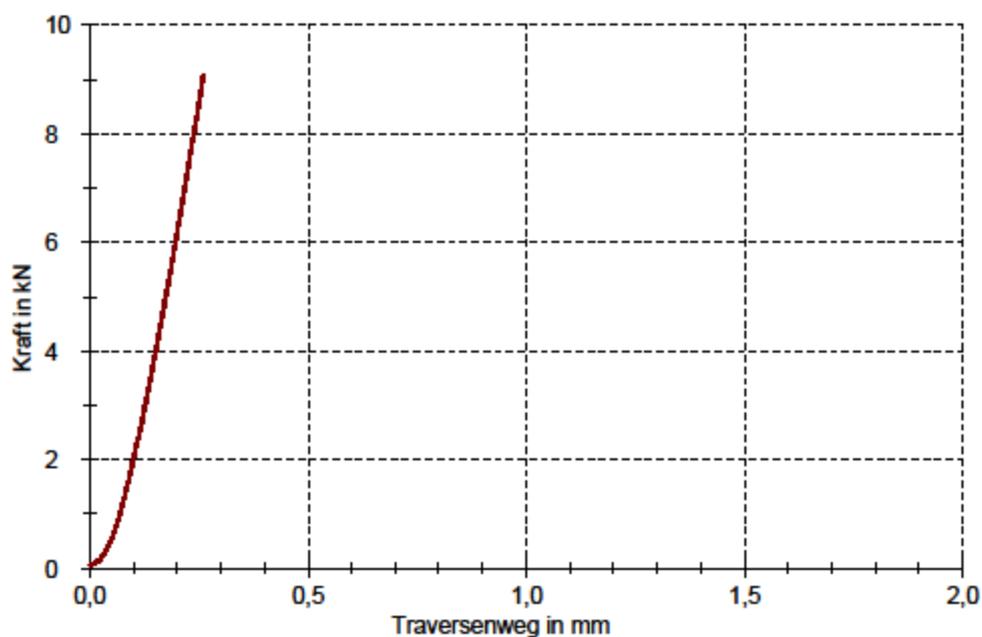
Projektname	: NGT	Kraftaufnehmer	: 100kN
Auftraggeber	: I. Bartsch	Wegaufnehmer	: Traverse
Auftragsnummer	: 2256199	Probenhalter	:
Probenlaufplannr.	: 2010-018	Prüfgeschwindigkeit	: 2 mm/min
Prüfer	: C. Albrecht	Freie Länge	: 32 mm
Prüfnorm	: ULD TM 50/1	Vorkraft	: 50 N
Material	: Sandwich	Prüfklima	: 23°C
Kennzeichnung	: NGT-39.1- Rolle	Konditionierung	: 23°C/50% rel. F.

Ergebnisse:

Legende	Lfd.-Nr.	d ₀ mm	b ₀ mm	A mm ²	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
	1	1,05	51	53,55	9,07	169,4	0,26

Statistik:

Serie	F _{max} kN	σ _d MPa	ΔL mm
n = 1			
\bar{x}	9,07	169,4	0,26
s	-	-	-
v	-	-	-



Bemerkungen: Rolle

Protokoll

19.10.2012

Parameter:

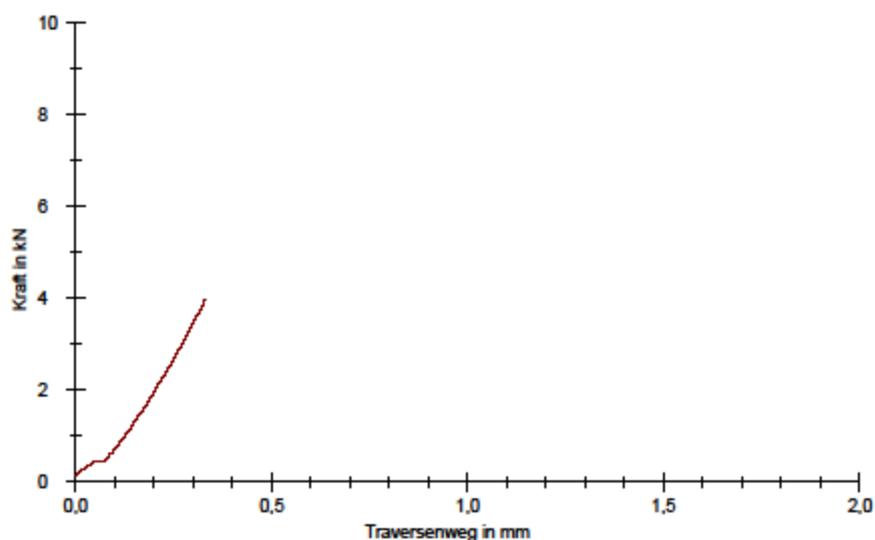
Projektname : NGT	Kunde : DLR
Kennzeichnung : NGT 40-1 Kugel	Material : Sandwich
Prüfnorm : ULD TM 50/1	Wegaufnehmer: Traverse
Prüfer : Wonneberger	Kraftaufnehmer: 20kN

Vorkraft : 50 N
Vorkraft-Geschwindigkeit : 10 mm/min
Prüfgeschwindigkeit : 2 mm/min

Ergebnisse:

Nr	Fmax kN	Δ L mm
1	3,97	0,33

Seriengrafik:



Statistik:

Serie n = 1	Fmax kN	Δ L mm
x	3,97	0,33
s	-	-
v	-	-

Bemerkungen: Kugel

Parameter:

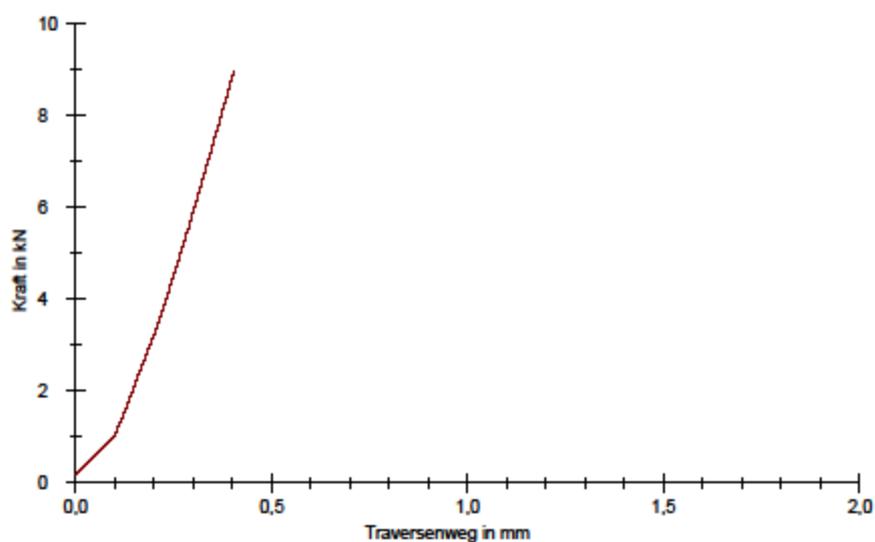
Projektname : NGT	Kunde : DLR
Kennzeichnung: NGT 40-1 Walze	Material : Sandwich
Prüfnorm : ULD TM 50/1	Wegaufnehmer: Traverse
Prüfer : Wonneberger	Kraftaufnehmer: 20kN

Vorkraft : 50 N
Vorkraft-Geschwindigkeit : 10 mm/min
Prüfgeschwindigkeit : 2 mm/min

Ergebnisse:

Nr	Fmax kN	ΔL mm
1	8,94	0,40

Seriengrafik:



Statistik:

Serie n = 1	Fmax kN	ΔL mm
\bar{x}	8,94	0,40
s	-	-
v	-	-

Bemerkungen: Walze

Parameter:

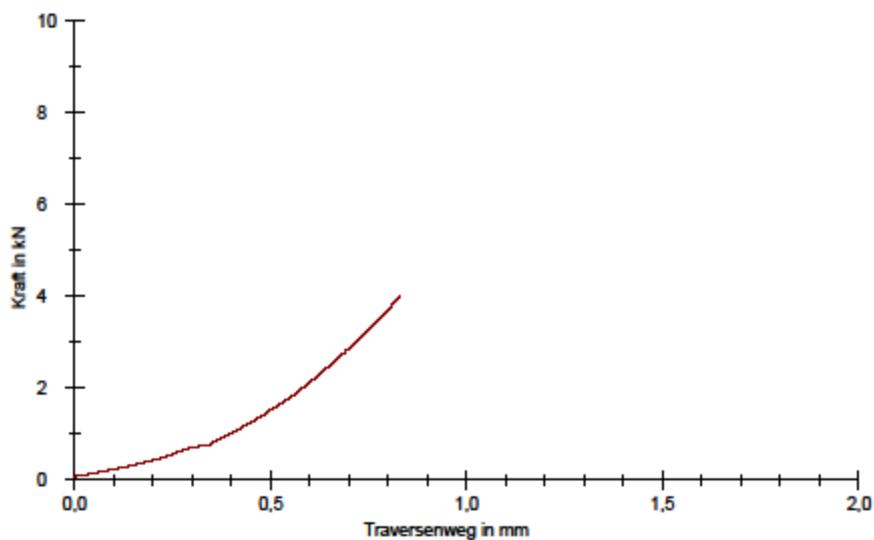
Projektname : NGT	Kunde : DLR
Kennzeichnung : NGT 41-1 Kugel	Material : Sandwich
Prüfnorm : ULD TM 50/1	Wegaufnehmer: Traverse
Prüfer : Wonneberger	Kraftaufnehmer: 20kN

Vorkraft : 50 N
Vorkraft-Geschwindigkeit : 10 mm/min
Prüfgeschwindigkeit : 2 mm/min

Ergebnisse:

Nr	Fmax kN	Δ L mm
1	3,98	0,83

Seriengrafik:



Statistik:

Serie n = 1	Fmax kN	Δ L mm
x	3,98	0,83
s	-	-
v	-	-

Bemerkungen: Kugel

Parameter:

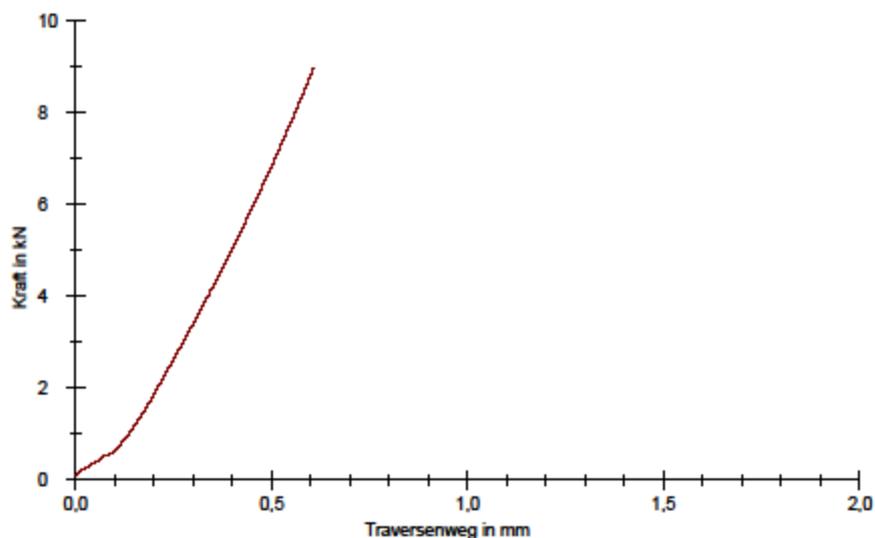
Projektname : NGT	Kunde : DLR
Kennzeichnung: NGT 41-1 Walze	Material : Sandwich
Prüfnorm : ULD TM 50/1	Wegaufnehmer: Traverse
Prüfer : Wonneberger	Kraftaufnehmer: 20kN

Vorkraft : 50 N
Vorkraft-Geschwindigkeit : 10 mm/min
Prüfgeschwindigkeit : 2 mm/min

Ergebnisse:

Nr	Fmax kN	Δ L mm
1	8,96	0,81

Seriengrafik:



Statistik:

Serie n = 1	Fmax kN	Δ L mm
x	8,96	0,81
s	-	-
v	-	-

Bemerkungen: Walze

7. Literaturverzeichnis

- [1] Sandwichplatte Metawell®. URL <http://www.metawell.de/leichtbauplatten-aus-aluminium-in-sandwichbauweise/sandwichplatte-metawellR/> –
Überprüfungsdatum 2014-04-02
- [2] DIN 50 014: *DIN 50 014, Climates and their technical application; standard atmospheres* (1985-07)
- [3] COSTIN, R. ; NAGEL, W.: Coagenzien für die Peroxidvernetzung, Bd. 52. In: *Gummi Fasern Kunststoffe*, S. 586–593
- [4] Federal Aviation Administration Fire Safety: *Chapter 3 Horizontal Bunsen Burner Test for Cabin, Cargo Compartment, and Miscellaneous Materials*
- [5] FLEMMING, Manfred ; ZIEGMANN, Gerhard ; ROTH, Siegfried: *Faserverbundbauweisen : Fasern und Matrices*. Berlin [u.a.] : Springer, 1995
- [6] GRO, Michael: *HOHLGLASFASERN - ein neuer Werkstoff mit geringer Dichte*. 17.08.2005. R&G FASERVERBUNDWERKSTOFFE GMBH
- [7] Gummiwerk Kraiburg: *HAA9530/29 - Technisches Datenblatt - Technical Data Sheet*
- [8] Gummiwerk Kraiburg: *Technisches Datenblatt HHZ 1907/59*. 22.12.2010
- [9] Gummiwerk Kraiburg: *SAA9509/22 - Technisches Datenblatt - Technical Data Sheet*. 04.02.2011. GUMMIWERK KRAIBURG
- [10] Gurit (Kassel) GmbH: *EHG250-68-37 - Technisches Datenblatt - Technical Data Sheet – Überprüfungsdatum 2012-05-30*
- [11] Gurit (Kassel) GmbH: *EP121-C20-45 - Technisches Datenblatt - Technical Data Sheet. – Aktualisierungsdatum: 2011/02*
- [12] Gurit (Kassel) GmbH: *EHG241-300-45 - Technisches Datenblatt - Technical Data Sheet. – Aktualisierungsdatum: 2011-08-30 – Überprüfungsdatum 2012-05-30*
- [13] Hexcel Corporation: *Product Data Sheet: HexPly® 6376C-926-35%*. 25.10.2010. HEXCEL CORPORATION
- [14] Hexcel M21: *HexPly M21*. URL http://www.hexcel.com/Resources/DataSheets/Prepreg-Data-Sheets/M21_global.pdf – Überprüfungsdatum 2014-03-27
- [15] Huntsman Advanced Materials (Switzerland) GmbH: *Araldite 2014-1 : Pastöser Zweikomponentenkleber auf Epoxidharzbasis*
- [16] International Air Transport Association: *IATA ULD Regulations*. 1ST Edition. Montreal : International Air Transport Association, 2013
- [17] Metawell - Metal Sandwich Technology: *Data sheet: hl 08-02-05 hl / H5.5*. 23.12.2010. METAWELL - METAL SANDWICH TECHNOLOGY
- [18] Metawell - Metal Sandwich Technology: *Data sheet: Alu cc 08-02-05 hl / H5.5*. 23.12.2010. METAWELL - METAL SANDWICH TECHNOLOGY
- [19] Metawell - Metal Sandwich Technology: *Data sheet: Alu cc 08-03-05 hl / H10*. 23.12.2010. METAWELL - METAL SANDWICH TECHNOLOGY
- [20] Metawell - Metal Sandwich Technology: *Data sheet: hl 10-03-05 hl / H10*. 23.12.2010. METAWELL - METAL SANDWICH TECHNOLOGY
- [21] Metawell - Metal Sandwich Technology: *Data sheet: hl 10-03-10 hl / H6*. 23.12.2010. METAWELL - METAL SANDWICH TECHNOLOGY
- [22] Nextrusion GmbH: *PRODUCT INFORMATION kaypla®*. 29.09.2011. NEXTRUSION GMBH
- [23] PerLaTech GmbH: *PerGlide® 5415 BUV*. 25.06.2009. PERLATECH GMBH

-
- [24] RUGE, Jürgen ; WOHLFAHRT, Helmut: *Technologie der Werkstoffe : Für Studenten des Maschinenbaus und Bauingenieurwesens, der Verfahrenstechnik und der Werkstoffkunde ; mit 66 Tabellen.* 6., vollst. neubearb. Aufl. Wiesbaden : Vieweg, 2001
- [25] SCHÜTZ GMBH & CO. KGAA: *CORMASTER C1 - The ideal lightweight material from SCHÜTZ for aeronautical applications*
- [26] THIELICKE, Dr. Bärbel: *Balsaholz Datenblatt.* 12.03.2009. FRAUNHOFER - INSTITUT FÜR WERKSTOFFMECHANIK