

# Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland

## II. Ergebnisse aus der IUFRO-Versuchsserie von 1971/72.

Von B. R. STEPHAN\*)

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft,  
Hamburg-Reinbek, Institut für Forstgenetik und Forst-  
pflanzenzüchtung, Schmalenbeck

(Eingegangen Februar 1980)

### Zusammenfassung

In einem Herkunftsversuch auf 6 verschiedenen Standorten in der Bundesrepublik Deutschland werden 140 Provenienzen von *Pinus contorta* aus den 4 Unterarten *ssp. contorta* (Küstenform), *ssp. bolanderi* (Küstenform), *ssp. latifolia* (Inlandform) und *ssp. murrayana* (Inlandform) geprüft. Die insgesamt 8 Einzelversuche wurden 1971/72 mit 2-jährigen Sämlingen begründet. Messungen bzw. Bonituren bezogen sich auf Pflanzenausfälle, Höhen- und Dickenwachstum, Zapfenbehang und Bildung männlicher Blüten, sowie Frostschäden und Triebwickler-Befall bis zum Alter 8 Jahre. Die Mortalität war infolge von Trockenheit nach dem Pflanzen teilweise sehr hoch. Zwischen den Versuchsflächen bzw. zwischen Herkünften bestanden Unterschiede. Wüchsige Provenienzen hatten in der Regel die größeren Ausfälle.

Die große intraspezifische Variation von *P. contorta* äußerte sich vor allem in deutlichen Wuchsunterschieden. Den stärksten Zuwachs hatten Küstenherkünfte der Unterart *ssp. contorta* aus Oregon, Washington und dem südlichen British Columbia. Überdurchschnittliches Wachstum war auch bei Inlandherkünften der *ssp. latifolia* aus dem südlichen und mittleren British Columbia zu verzeichnen. Schwachwüchsig waren dagegen Provenienzen aus dem nördlichen British Columbia, Alberta, Yukon und Alaska sowie Gebirgsherkünfte der Unterart *ssp. murrayana*.

Die reproduktive Phase hatte bis zum Alter von 8 Jahren bei nördlichen Küsten- und bei Inlandherkünften bereits eingesetzt. Die wüchsigen Küstenherkünfte blühten in diesem Alter noch nicht.

Frostschäden waren in der süddeutschen Versuchsfläche an Küstenherkünften aus Kalifornien, Oregon, Washington und dem südlichen British Columbia festzustellen. Als besonders frostempfindlich erwiesen sich auf allen Versuchsflächen die 3 *ssp. bolanderi*-Herkünfte aus Kalifornien.

Auf einigen Versuchsflächen war ein hoher Prozentsatz der Bäume durch den Kiefertriebwickler (*Rhyacionia buoliana*) befallen, wobei Herkünfte der *ssp. contorta* stärkere Schäden aufwiesen als *ssp. murrayana*-Provenienzen. Außerdem ließen sich standortbedingte Unterschiede, insbesondere zwischen Süd- und Norddeutschland, feststellen. Auf süddeutschen Standorten waren die Bäume deutlich geringer befallen als auf norddeutschen Versuchsflächen.

**Schlagworte:** *Pinus contorta*, Herkunftsunterschiede, Pflanzenausfälle, Höhen- und Dickenwachstum, Frost, *Rhyacionia*-Befall, Blütenbildung

### Summary

Intraspecific variation of *Pinus contorta* in field trials in the Federal Republic of Germany. II. Results of the IUFRO series 1971/72.

In a provenance trial at six different locations in the Federal Republic of Germany 140 provenances of *Pinus*

*contorta* are tested. The provenances belong to the four lodgepole pine subspecies *ssp. contorta* (coastal form), *ssp. bolanderi* (coastal form), *ssp. latifolia* (inland form) and *ssp. murrayana* (inland form). A total of eight single trials were established in 1971/72 with two year old seedlings. Measurements and observations were recorded for the traits mortality, height growth, diameter, cone and male flowers, frost damages and attacks by European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana*) until the age of eight years. Mortality was partly very high as a result of drought after planting. There were differences between locations and also between provenances. Good growing provenances showed normally a higher mortality.

The great intraspecific variation of *P. contorta* was expressed especially by significant growth differences. Best performance was shown by coastal provenances of the subspecies *contorta* from Oregon, Washington and southern British Columbia. Outstanding growth could be observed also in some inland provenances of *ssp. latifolia* from southern and middle British Columbia. Unsatisfying growth had provenances from northern British Columbia, Alberta, Yukon and Alaska as well as mountain provenances of *ssp. murrayana*.

The reproduction phase has begun until age of eight years in northern coastal and inland provenances. Good growing coastal provenances had not yet developed flowers and cones at this age. Damages by winter frost were observed on southern German field trials in coastal provenances of California, Oregon, Washington, and southern British Columbia. The three *ssp. bolanderi* provenances from California were most susceptible against frost at all locations.

On several field trials a high percentage of trees was attacked by the European pine shoot moth. Provenances of subspecies *contorta* were more severely attacked than *ssp. murrayana* provenances. There were also differences between locations, especially between southern and northern Germany. On southern German field trials the trees were significantly less attacked than on northern German ones.

**Key words:** *Pinus contorta*, differences between provenances, mortality, height growth, stem diameter, frost, pine shoot moth attack, flowering

### Einleitung

Die durch IUFRO in den Jahren 1967 bis 1969 im natürlichen Verbreitungsgebiet von *Pinus contorta* DOUGL. ex LOUD. eingesammelten Saatgutproben eröffneten die Möglichkeit einer eingehenden Untersuchung der intraspezifischen Variation und Anbaueignung dieser Baumart. Aus diesen Einsammlungen wurden 140 Provenienzen in den Jahren 1971/72 auf 8 Versuchsflächen an 6 verschiedenen Standorten der Bundesrepublik Deutschland angebaut. Über einzelne Ergebnisse wurde bereits kurz berichtet (STEPHAN, 1976 b, 1978). Die vorliegende Arbeit gibt eine zusammenfassende Übersicht über alle bisher erhobenen Merkmale und die Entwicklung der Herkünfte bis zum Alter von 8 Jahren.

\*) Anschrift: Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Siekerlandstraße 2, D-2070 Großhansdorf

**Material und Methoden**

*Pflanzenmaterial*

Die in der Versuchsserie enthaltenen 140 Herkünfte entstammen dem gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet von *P. contorta* im westlichen Nordamerika zwischen 34° und 63° nördlicher Breite und 110° und 139° westlicher Länge

(Abb. 1) sowie zwischen 6 und 2400 m Höhe ü. NN. Geographische Angaben finden sich in *Tabelle 1*. Obwohl bei einem derartig heterogenen Verbreitungsgebiet eine Aufgliederung von *P. contorta* in Unterarten, Rassen oder Ökotypen erforderlich sein dürfte, liegt den folgenden Ausführungen aus Zweckmäßigkeitsgründen lediglich eine Zuordnung der Herkünfte zu den von CRITCHFIELD (1957) unter-

*Tabelle 1.* — Geographische Daten und Saatgutzone der *Pinus contorta*-Herkünfte sowie Höhenwachstum (%) auf verschiedenen Versuchsstandorten (\* IUFRO-Standard).

| IUFRO Nr.  | Staat            | Saatgutzone | Breitengrad °N | Längengrad °W | Höhe ü. NN m | Ki 30 1975 | Ki 31 1975 | Ki 34 1975 | Ki 35 1977 | Ki 36 1977 | Ki 37 1977 | Mittelwert über alle Versuchsstandorte |
|--|------------------|-------------|----------------|---------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| Alter der Bäume in Jahren:                         |                  |             |                |               |              | 7          | 7          | 7          | 8          | 8          | 8          |  |
| <b><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>contorta</i></b>  |                  |             |                |               |              |            |            |            |            |            |            |  |
| 2001   | Alaska           | --          | 59.50          | 139.17        | 45           | 70.8       | 74.9       | 81.4       | --         | --         | --         | 75.7                                   |
| 2002   | Alaska           | --          | 59.45          | 135.30        | 30           | 83.3       | 94.3       | 96.8       | --         | --         | --         | 91.5                                   |
| 2003   | Alaska           | --          | 58.45          | 135.75        | 6            | 92.1       | 92.3       | --         | --         | --         | --         | 92.2                                   |
| 2004   | Alaska           | --          | 58.40          | 134.70        | 315          | 69.2       | 75.6       | --         | --         | --         | --         | 72.4                                   |
| 2005   | Alaska           | --          | 58.33          | 134.52        | 45           | 82.4       | 96.1       | --         | --         | --         | --         | 89.3                                   |
| 2006   | Alaska           | --          | 57.08          | 135.18        | 259          | 86.5       | 78.3       | --         | --         | --         | --         | 82.4                                   |
| 2007   | Alaska           | --          | 57.07          | 135.35        | 30           | 96.4       | 92.1       | 78.1       | --         | --         | --         | 88.9                                   |
| *2008  | Alaska           | --          | 56.78          | 132.97        | 22           | 96.8       | 92.3       | 99.0       | --         | --         | --         | 96.0                                   |
| 2009   | Alaska           | --          | 55.66          | 132.75        | 68           | 94.8       | 92.9       | --         | --         | --         | --         | 93.9                                   |
| 2010   | Alaska           | --          | 55.57          | 133.05        | 30           | 97.1       | 97.9       | --         | --         | --         | --         | 97.5                                   |
| 2011   | Alaska           | --          | 55.37          | 131.70        | 40           | 93.4       | 90.2       | --         | --         | --         | --         | 91.8                                   |
| 2012   | Alaska           | --          | 55.05          | 131.58        | 33           | 85.7       | 91.5       | --         | --         | --         | --         | 88.6                                   |
| 2067   | British Columbia | 1010        | 49.77          | 126.05        | 45           | 132.7      | 136.3      | --         | --         | --         | --         | 134.5                                  |
| 2149   | British Columbia | 1010        | 49.35          | 126.62        | 15           | --         | --         | --         | 113.1      | 96.5       | --         | 104.8                                  |
| 2152   | British Columbia | 1010        | 49.08          | 125.78        | 23           | --         | --         | --         | 107.1      | 103.7      | --         | 105.4                                  |
| 2071   | British Columbia | 1020        | 48.82          | 124.13        | 213          | 147.8      | 137.0      | 143.9      | --         | --         | --         | 142.9                                  |
| 2072   | British Columbia | 1020        | 48.47          | 123.65        | 549          | 150.0      | 164.8      | --         | --         | --         | --         | 157.4                                  |
| 2147   | British Columbia | 1020        | 49.98          | 125.48        | 290          | --         | --         | --         | 130.5      | 112.5      | 130.3      | 124.4                                  |
| 2150   | British Columbia | 1020        | 49.37          | 124.53        | 61           | --         | --         | --         | 139.6      | 122.1      | --         | 130.9                                  |
| 2154   | British Columbia | 1020        | 48.92          | 123.75        | 61           | --         | --         | --         | 130.7      | 108.4      | --         | 119.6                                  |
| 2145   | British Columbia | 1030        | 50.67          | 127.37        | 23           | --         | --         | --         | 111.5      | 98.6       | --         | 105.1                                  |
| 2146   | British Columbia | 1040        | 50.02          | 124.77        | 137          | --         | --         | --         | 152.4      | 125.5      | --         | 139.0                                  |
| 2151   | British Columbia | 1050        | 49.15          | 123.10        | 6            | --         | --         | --         | 126.1      | 109.0      | --         | 117.6                                  |
| 2148   | British Columbia | 1070        | 49.90          | 123.17        | 427          | --         | --         | --         | 135.3      | 120.7      | 149.3      | 135.1                                  |
| 2056   | British Columbia | 1100        | 52.13          | 128.13        | 38           | 89.2       | 84.2       | 91.0       | --         | --         | --         | 88.1                                   |
| 2048   | British Columbia | 1110        | 53.82          | 132.13        | 25           | 105.8      | 115.7      | --         | --         | --         | --         | 110.8                                  |
| 2050   | British Columbia | 1110        | 53.65          | 132.07        | 21           | 114.0      | 104.7      | 114.5      | --         | --         | --         | 111.1                                  |
| 2044   | British Columbia | 1120        | 54.03          | 130.28        | 45           | 91.6       | 85.9       | 93.6       | --         | --         | --         | 90.4                                   |
| * 2083   | Washington       | 012         | 47.63          | 124.30        | 30           | 132.9      | 102.0      | --         | --         | --         | --         | 117.5                                  |
| 2085   | Washington       | 030         | 46.88          | 124.12        | 15           | 161.5      | 150.6      | 162.8      | --         | --         | --         | 158.3                                  |
| 2087   | Washington       | 030         | 46.43          | 124.05        | 15           | 165.7      | 144.0      | 153.8      | --         | --         | --         | 154.5                                  |
| 2081   | Washington       | 221         | 47.95          | 123.27        | 1676         | 78.3       | 79.5       | --         | --         | --         | --         | 78.9                                   |
| 2121   | Washington       | 231         | 47.42          | 122.67        | 76           | --         | --         | --         | 144.1      | 125.1      | 146.7      | 138.6                                  |
| 2084   | Washington       | 231         | 47.23          | 123.08        | 61           | 151.5      | 140.5      | 139.7      | --         | --         | --         | 143.9                                  |
| 2086   | Washington       | 232         | 46.87          | 122.60        | 137          | 161.5      | 144.0      | --         | --         | --         | --         | 152.8                                  |
| 2089   | Oregon           | 051         | 45.72          | 123.93        | 30           | 172.4      | 130.2      | 156.3      | --         | --         | --         | 153.0                                  |
| 2092   | Oregon           | 053         | 45.22          | 123.95        | 15           | 141.7      | 97.2       | 153.7      | --         | --         | --         | 130.9                                  |
| 2093   | Oregon           | 061         | 44.57          | 124.07        | 15           | 139.7      | 128.9      | 161.5      | --         | --         | --         | 143.4                                  |
| 2096   | Oregon           | 062         | 43.83          | 124.15        | 15           | 188.5      | 147.2      | 149.7      | --         | --         | --         | 161.8                                  |
| 2097   | Oregon           | 071         | 43.50          | 124.23        | 15           | 163.1      | 165.9      | --         | --         | --         | --         | 164.5                                  |
| 2099   | Oregon           | 072         | 42.77          | 124.52        | 15           | 147.1      | 130.6      | 140.4      | --         | --         | --         | 139.4                                  |
| 2100   | Oregon           | 082         | 42.25          | 124.40        | 15           | 149.6      | 162.5      | 156.3      | --         | --         | --         | 156.1                                  |
| *2105  | California       | --          | 40.78          | 124.22        | 15           | 147.3      | 145.0      | 148.0      | --         | --         | --         | 146.8                                  |
| <b><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>bolanderi</i></b> |                  |             |                |               |              |            |            |            |            |            |            |  |
| 2107   | California       | --          | 39.42          | 123.83        | 15           | 97.5       | 161.6      | --         | --         | --         | --         | 129.6                                  |
| 2132   | California       | --          | 39.48          | 123.80        | 15           | --         | --         | --         | 76.0       | 109.5      | --         | 92.8                                   |
| 2134   | California       | --          | 38.97          | 123.70        | 30           | --         | --         | --         | 92.7       | 117.0      | --         | 104.9                                  |
| <b><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>murrayana</i></b> |                  |             |                |               |              |            |            |            |            |            |            |  |
| 2090   | Oregon           | 451         | 45.38          | 121.87        | 549          | 108.4      | 103.4      | --         | --         | --         | --         | 105.9                                  |
| 2091   | Oregon           | 451         | 45.30          | 121.75        | 1280         | 98.2       | 140.5      | 89.0       | --         | --         | --         | 109.2                                  |
| 2094   | Oregon           | 675         | 44.38          | 121.67        | 1006         | 132.7      | 112.7      | --         | --         | --         | --         | 122.7                                  |
| 2095   | Oregon           | 675         | 44.13          | 121.63        | 1707         | 68.3       | 71.8       | 69.7       | --         | --         | --         | 69.9                                   |
| 2128   | Oregon           | 701         | 42.38          | 122.20        | 1509         | --         | --         | --         | 88.4       | 91.9       | 91.0       | 90.4                                   |
| 2098   | Oregon           | 711         | 43.32          | 121.65        | 1676         | 79.9       | 99.3       | --         | --         | --         | --         | 89.6                                   |
| 2129   | Oregon           | 730         | 42.30          | 120.78        | 1615         | --         | --         | --         | 97.4       | 100.6      | 90.5       | 96.2                                   |
| 2101   | California       | --          | 41.83          | 123.88        | 1097         | 76.1       | 78.2       | 88.5       | --         | --         | --         | 80.9                                   |
| 2102   | California       | --          | 41.27          | 121.92        | 1219         | 93.5       | 100.7      | 103.8      | --         | --         | --         | 99.3                                   |
| 2103   | California       | --          | 41.22          | 122.50        | 2134         | 73.7       | 71.2       | 82.7       | --         | --         | --         | 75.9                                   |
| 2104   | California       | --          | 41.18          | 120.17        | 2195         | 58.0       | 58.4       | 60.5       | --         | --         | --         | 59.0                                   |
| 2106   | California       | --          | 39.88          | 121.12        | 1646         | 64.8       | 81.0       | --         | --         | --         | --         | 72.9                                   |
| 2130   | California       | --          | 40.35          | 121.48        | 1494         | --         | --         | --         | 81.7       | 93.6       | 79.2       | 84.8                                   |
| 2131   | California       | --          | 39.88          | 121.13        | 1615         | --         | --         | --         | 67.2       | 88.9       | 64.5       | 73.5                                   |
| 2133   | California       | --          | 39.22          | 120.20        | 1829         | --         | --         | --         | 72.5       | 90.1       | 77.9       | 80.2                                   |
| 2135   | California       | --          | 38.80          | 119.97        | 2347         | --         | --         | --         | 63.7       | 79.7       | 58.7       | 67.4                                   |
| 2136   | California       | --          | 37.85          | 119.67        | 2408         | --         | --         | --         | 59.7       | 72.5       | --         | 66.1                                   |
| *2137  | California       | --          | 37.18          | 119.20        | 2195         | --         | --         | --         | 63.1       | 73.5       | 54.1       | 63.6                                   |
| 2138   | California       | --          | 36.45          | 118.60        | 2408         | --         | --         | --         | 70.9       | 73.1       | --         | 72.0                                   |
| 2139   | California       | --          | 36.10          | 118.53        | 2164         | --         | --         | --         | 79.4       | 80.7       | 78.6       | 79.6                                   |
| 2140   | California       | --          | 34.22          | 116.98        | 2347         | --         | --         | --         | 67.7       | 76.4       | 71.0       | 71.7                                   |

Fortsetzung

| IUFRO Nr.                            | Staat            | Saatgut-zone | Breitengrad °N | Längengrad °W | Höhe ü. NN m | Ki 30 1975 | Ki 31 1975 | Ki 34 1975 | Ki 35 1977 | Ki 36 1977 | Ki 37 1977 | Mittelwert über alle Versuchsstandorte |
|--------------------------------------|------------------|--------------|----------------|---------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| Alter der Bäume in Jahren:           |                  |              |                |               |              | 7          | 7          | 7          | 8          | 8          | 8          |  |
| <i>Pinus contorta ssp. latifolia</i> |                  |              |                |               |              |            |            |            |            |            |            |  |
| 2082                                 | Washington       | 622          | 47.78          | 120.93        | 762          | --         | --         | 111.0      | --         | --         | --         | 111.0                                  |
| *2088                                | Washington       | 652          | 46.07          | 121.45        | 1219         | 105.3      | 99.8       | 101.2      | --         | --         | --         | 102.1                                  |
| 2127                                 | Oregon           | 673          | 44.48          | 120.42        | 1341         | --         | --         | --         | 92.2       | 99.7       | 103.0      | 98.3                                   |
| 2123                                 | Oregon           | 861          | 45.63          | 117.27        | 1311         | --         | --         | --         | 114.9      | 106.4      | 129.1      | 116.8                                  |
| 2124                                 | Oregon           | 862          | 45.32          | 117.40        | 1524         | --         | --         | --         | 91.5       | 102.1      | 73.7       | 89.1                                   |
| 2125                                 | Oregon           | 891          | 45.17          | 118.72        | 1280         | --         | --         | --         | 105.2      | 107.1      | 123.3      | 111.9                                  |
| 2126                                 | Oregon           | 892          | 44.53          | 118.57        | 1494         | --         | --         | --         | 96.9       | 96.4       | --         | 96.7                                   |
| 2120                                 | Montana          | --           | 47.37          | 115.40        | 945          | --         | --         | --         | 115.1      | 107.6      | 123.2      | 115.3                                  |
| 2122                                 | Montana          | --           | 46.67          | 114.55        | 1341         | --         | --         | --         | 96.8       | 103.0      | 110.9      | 103.6                                  |
| 2153                                 | British Columbia | 1060         | 49.07          | 120.77        | 1128         | --         | --         | --         | 98.6       | 96.2       | --         | 97.4                                   |
| 2035                                 | British Columbia | 1140         | 55.62          | 128.63        | 305          | 114.7      | 123.3      | --         | --         | --         | --         | 119.0                                  |
| 2034                                 | British Columbia | 1150         | 55.63          | 127.90        | 610          | 103.6      | 108.1      | 107.4      | --         | --         | --         | 106.4                                  |
| 2073                                 | British Columbia | 2010         | 49.15          | 119.18        | 1539         | 100.1      | 103.9      | 96.6       | --         | --         | --         | 100.2                                  |
| 2063                                 | British Columbia | 2030         | 50.05          | 119.65        | 1067         | 122.0      | 98.4       | --         | --         | --         | --         | 110.2                                  |
| 2060                                 | British Columbia | 2040         | 50.97          | 120.33        | 1059         | 121.8      | 117.9      | --         | --         | --         | --         | 119.9                                  |
| 2144                                 | British Columbia | 2040         | 50.72          | 119.45        | 1524         | --         | --         | --         | 109.6      | 108.9      | 118.6      | 112.4                                  |
| 2069                                 | British Columbia | 3010         | 49.18          | 117.58        | 998          | 122.8      | 109.8      | --         | --         | --         | --         | 116.3                                  |
| 2064                                 | British Columbia | 3030         | 50.03          | 118.52        | 1137         | 101.7      | 102.3      | 108.5      | --         | --         | --         | 104.2                                  |
| 2066                                 | British Columbia | 3030         | 49.90          | 118.20        | 579          | 136.0      | 145.0      | 127.0      | --         | --         | --         | 136.0                                  |
| 2054                                 | British Columbia | 3050         | 52.58          | 119.17        | 975          | 117.1      | 106.9      | 117.9      | --         | --         | --         | 114.0                                  |
| 2059                                 | British Columbia | 3070         | 51.52          | 117.18        | 945          | 112.6      | 103.0      | --         | --         | --         | --         | 107.8                                  |
| 2051                                 | British Columbia | 3080         | 53.42          | 120.33        | 701          | 111.1      | 98.8       | 119.1      | --         | --         | --         | 109.7                                  |
| 2052                                 | British Columbia | 3100         | 53.13          | 121.55        | 1112         | 98.3       | 83.0       | 88.7       | --         | --         | --         | 90.0                                   |
| 2046                                 | British Columbia | 3110         | 53.90          | 122.00        | 671          | 101.0      | 102.5      | --         | --         | --         | --         | 101.8                                  |
| 2047                                 | British Columbia | 3110         | 53.87          | 121.73        | 838          | 97.3       | 100.0      | --         | --         | --         | --         | 98.7                                   |
| 2068                                 | British Columbia | 4010         | 49.57          | 116.07        | 1662         | 93.3       | 91.7       | 95.8       | --         | --         | --         | 93.6                                   |
| 2061                                 | British Columbia | 4020         | 50.82          | 116.43        | 1173         | 112.8      | 110.6      | 109.2      | --         | --         | --         | 110.9                                  |
| 2062                                 | British Columbia | 4030         | 50.52          | 115.73        | 1037         | 118.2      | 113.2      | 112.9      | --         | --         | --         | 114.8                                  |
| 2065                                 | British Columbia | 4030         | 49.98          | 114.92        | 1280         | 114.3      | 92.8       | 99.9       | --         | --         | --         | 102.3                                  |
| 2057                                 | British Columbia | 5010         | 52.00          | 121.20        | 391          | 119.5      | 121.9      | --         | --         | --         | --         | 120.7                                  |
| 2058                                 | British Columbia | 5020         | 51.98          | 123.90        | 1059         | 120.1      | 116.0      | --         | --         | --         | --         | 118.1                                  |
| 2053                                 | British Columbia | 5030         | 53.02          | 123.23        | 983          | 111.7      | 116.9      | 117.8      | --         | --         | --         | 115.5                                  |
| 2043                                 | British Columbia | 5050         | 54.05          | 125.08        | 968          | 100.7      | 112.3      | --         | --         | --         | --         | 106.5                                  |
| *2045                                | British Columbia | 5050         | 54.02          | 124.53        | 732          | 105.4      | 101.6      | 107.8      | --         | --         | --         | 104.9                                  |
| *2049                                | British Columbia | 5050         | 53.65          | 122.97        | 823          | 105.0      | 118.1      | 112.8      | --         | --         | --         | 112.0                                  |
| 2055                                 | British Columbia | 5060         | 52.50          | 125.80        | 1311         | 93.6       | 92.5       | 95.2       | --         | --         | --         | 93.8                                   |
| 2036                                 | British Columbia | 5080         | 54.98          | 126.55        | 960          | 92.5       | 100.6      | 90.2       | --         | --         | --         | 94.4                                   |
| 2040                                 | British Columbia | 5080         | 54.65          | 127.05        | 518          | 106.9      | 109.8      | 123.7      | --         | --         | --         | 113.5                                  |
| 2041                                 | British Columbia | 5080         | 54.63          | 127.43        | 1005         | 96.7       | 92.0       | 104.5      | --         | --         | --         | 97.7                                   |
| 2042                                 | British Columbia | 5080         | 54.13          | 127.23        | 937          | 95.1       | 95.4       | --         | --         | --         | --         | 95.3                                   |
| 2038                                 | British Columbia | 6040         | 54.82          | 122.85        | 697          | 96.8       | 91.5       | 96.6       | --         | --         | --         | 95.0                                   |
| 2039                                 | British Columbia | 6050         | 54.82          | 124.27        | 945          | 92.4       | 89.6       | --         | --         | --         | --         | 91.0                                   |
| 2032                                 | British Columbia | 6060         | 55.95          | 123.80        | 686          | 103.1      | 94.5       | 103.5      | --         | --         | --         | 100.4                                  |
| 2033                                 | British Columbia | 6060         | 55.80          | 124.82        | 762          | 90.4       | 103.4      | --         | --         | --         | --         | 96.9                                   |
| 2037                                 | British Columbia | 7010         | 54.93          | 120.25        | 954          | 81.5       | 83.5       | 88.1       | --         | --         | --         | 84.4                                   |
| 2031                                 | British Columbia | 7020         | 56.02          | 120.62        | 792          | 79.1       | 87.8       | 95.5       | --         | --         | --         | 87.5                                   |
| 2029                                 | British Columbia | 7020         | 56.42          | 121.18        | 860          | --         | --         | 91.5       | --         | --         | --         | 91.5                                   |
| 2030                                 | British Columbia | 7030         | 56.03          | 122.08        | 725          | 89.6       | 88.6       | 92.5       | --         | --         | --         | 90.2                                   |
| 2028                                 | British Columbia | 7030         | 57.00          | 122.40        | 1112         | 69.8       | 70.2       | 71.5       | --         | --         | --         | 70.5                                   |
| 2023                                 | British Columbia | 7070         | 58.67          | 124.17        | 762          | 64.0       | 71.3       | 66.9       | --         | --         | --         | 67.4                                   |
| 2024                                 | British Columbia | 7070         | 58.65          | 124.32        | 893          | 52.6       | 47.6       | --         | --         | --         | --         | 50.1                                   |
| 2026                                 | British Columbia | 7070         | 58.53          | 122.70        | 457          | 73.2       | 78.8       | 83.3       | --         | --         | --         | 78.4                                   |
| 2022                                 | British Columbia | 7080         | 59.05          | 125.77        | 853          | 60.8       | 70.9       | 65.4       | --         | --         | --         | 65.7                                   |
| 2025                                 | British Columbia | 7080         | 58.65          | 124.77        | 1174         | 54.6       | 58.7       | 61.6       | --         | --         | --         | 58.3                                   |
| 2027                                 | British Columbia | 8020         | 57.48          | 130.22        | 815          | 70.0       | 69.5       | 78.9       | --         | --         | --         | 72.8                                   |
| 2020                                 | British Columbia | 8030         | 59.80          | 133.78        | 788          | 55.9       | 60.2       | 68.6       | --         | --         | --         | 61.6                                   |
| 2019                                 | British Columbia | 8040         | 59.98          | 128.55        | 640          | 59.3       | 57.8       | 56.8       | --         | --         | --         | 58.0                                   |
| 2021                                 | British Columbia | 8040         | 59.10          | 129.73        | 792          | 55.0       | 61.7       | 58.7       | --         | --         | --         | 58.5                                   |
| 2014                                 | Yukon            | --           | 63.30          | 136.47        | 875          | --         | --         | 42.4       | --         | --         | --         | 42.4                                   |
| 2015                                 | Yukon            | --           | 62.23          | 136.30        | 671          | 44.1       | 51.3       | 48.8       | --         | --         | --         | 48.1                                   |
| 2017                                 | Yukon            | --           | 61.17          | 129.33        | 884          | 32.5       | 45.6       | 39.0       | --         | --         | --         | 39.0                                   |
| 2018                                 | Yukon            | --           | 60.68          | 136.18        | 747          | 51.6       | 56.5       | 53.7       | --         | --         | --         | 53.9                                   |
| 2074                                 | Alberta          | --           | 58.66          | 117.45        | 759          | 54.3       | 63.6       | --         | --         | --         | --         | 59.0                                   |
| 2075                                 | Alberta          | --           | 57.37          | 117.62        | 716          | 66.5       | 77.6       | --         | --         | --         | --         | 72.1                                   |
| 2076                                 | Alberta          | --           | 54.31          | 116.65        | 823          | 99.3       | 112.8      | --         | --         | --         | --         | 106.1                                  |
| 2077                                 | Alberta          | --           | 53.08          | 117.18        | 1402         | 67.8       | 80.7       | --         | --         | --         | --         | 74.3                                   |
| 2078                                 | Alberta          | --           | 51.02          | 115.04        | 1402         | 75.8       | 90.5       | --         | --         | --         | --         | 83.2                                   |
| 2079                                 | Alberta          | --           | 49.62          | 110.30        | 1448         | 78.9       | 96.7       | --         | --         | --         | --         | 87.8                                   |
| 2080                                 | Alberta          | --           | 49.07          | 113.87        | 1652         | --         | --         | 75.1       | --         | --         | --         | 75.1                                   |
| 2141                                 | Alberta          | --           | 53.27          | 117.15        | 1204         | --         | --         | --         | 101.2      | 99.0       | --         | 100.1                                  |
| 2142                                 | Alberta          | --           | 51.02          | 115.03        | 1494         | --         | --         | --         | 104.0      | 105.0      | 126.7      | 111.9                                  |
| 2143                                 | Alberta          | --           | 49.43          | 114.42        | 1372         | --         | --         | --         | 104.0      | 98.3       | --         | 101.2                                  |
| Versuchsmittel (cm)                  |                  |              |                |               |              | 137.5      | 128.0      | 143.1      | 162.0      | 184.6      | 135.2      |  |

schiedenen 4 Unterarten *ssp. contorta* (43 Herkünfte), *ssp. latifolia* (73 Herkünfte), *ssp. murrayana* (21 Herkünfte), *ssp. bolanderi* (3 Herkünfte) zugrunde. Die beiden im Mendocino-Gebiet (Kalifornien) gesammelten Herkünfte Nr. 2132

und 2134 sind nach LINES (1976 b) vermutlich der Unterart *ssp. contorta* zuzurechnen. Da sie in den hier vorgestellten Versuchen von Herkünften dieser Unterart aber im Aussehen und Verhalten stark abweichen und außerdem in den

Nadeln keine Harzkanäle nachzuweisen waren (vergl. CRITCHFIELD, 1957), werden sie im folgenden als zur Unterart *ssp. bolanderi* gehörend betrachtet.

#### Anzucht

Im Mai 1969 wurden 105 Herkünfte (IUFRO-Nr. 2001—2107), im Februar 1970 weitere 35 Herkünfte (IUFRO-Nr. 2120—2154) in der Institutsgärtnerei praxisüblich ausgesät.

#### Anlage der Feldversuche und Versuchsorte

Mit 2jährigen, nicht verschulten Sämlingen wurden im Frühjahr 1971 5 Feldversuche bzw. im Frühjahr 1972 zusätzlich 3 Feldversuche angelegt.

Geographische und klimatische Angaben zu den Versuchsorten finden sich mit weiteren Einzelheiten in *Tabelle 2*. Die Lage der Versuchsstandorte ist im 1. Teil der Veröffentlichung (STEPHAN, 1976 a) in *Abbildung 1* eingetragen. Die einzelnen Versuchsflächen enthalten unterschiedliche Anzahlen an Herkünften. Die Pflanzung erfolgte in Form von Zweisatz-Gitterversuchen mit 4 Wiederholungen und 16 Pflanzen je Parzelle. Der Pflanzverband betrug  $1 \times 1$  m.

#### Gemessene und bonitierte Merkmale

In den Versuchsflächen Ki 30 bis Ki 34 wurden folgende Messungen und Bonituren vorgenommen: Höhe 1971 (3jährig), 1975 (7jährig), Pflanzenausfälle bis 1975, Triebwickler-Befall des Haupttriebes 1975, Frostschaden April 1976, Zapfenbildung April 1976. Messungen und Bonituren in den Versuchsflächen Ki 35 bis Ki 37: Höhe 1972 (3jährig), 1975 (6jährig), 1977 (8jährig), Durchmesser in 50 cm Höhe 1977 (8jährig), Pflanzenausfälle bis 1975, Triebwickler-Befall des Haupttriebes 1975 und 1977, Frostschaden April 1978, Zapfenbildung und Ansatz von männlichen Blüten April 1978.

Bei der varianzanalytischen Auswertung der Daten wurde vom Parzellenmittelwert ausgegangen. Bei Korrelationsrechnungen wurden, falls nicht anders vermerkt, die jeweiligen Herkunftsmittel zugrundegelegt.

### Ergebnisse

#### 1. Pflanzenausfälle

Der Umfang der Pflanzenausfälle im Verlauf der ersten Vegetationsperioden nach Begründung der Feldversuche an verschiedenen Orten zeigt an, daß die Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Pflanzung von besonderer Bedeutung sind. Obwohl die 1971 bzw. 1972 gepflanzten Versuche keine direkten Wiederholungen in der Zeit darstellen, lassen sie doch Rückschlüsse zu, da in beiden Jahren zahlreiche Herkünfte aus dem gesamten Verbreitungsgebiet verwendet wurden. Unterschiede zwischen den Jahren sind daher nicht in erster Linie auf unterschiedliche Herkünfte zurückzuführen, sondern haben vermutlich ihre Erklärung in den abweichenden klimatischen Bedingungen der beiden Pflanzjahre. Diese bewirkten bei den 1971 angelegten Versuchen hohe Mortalitätsraten zwischen 10 und 60%, während bei den 1972 gepflanzten Flächen nach 4—5 Vegetationsperioden nur 1—9% Ausfälle zu verzeichnen waren (*Tab. 3*). Die hohen Ausfälle auf den Versuchsflächen von 1971 waren in erster Linie auf die langanhaltende Trockenperiode nach den Pflanzungen zurückzuführen. Hierauf reagierten die 2jährigen *P. contorta*-Sämlinge während der Anwuchsphase anscheinend besonders empfindlich und erholten sich von der daraus resultierenden Schwächung nur sehr schwer. Das führte beispielsweise im Versuch Eggebek (Ki 33) dazu, daß die noch lebenden Pflanzen auch in den Folgejahren schlecht wuchsen und die Mortalitätsrate nach 7 Vegetationsperioden bereits 86% betrug. In unmittelbarer Nachbarschaft wurde ein Jahr später (1972) ein weiterer Versuch (Ki 35) bei günstigen Anwuchsbedingungen begründet, der nach 4 Vegetationsperioden nur 1% Ausfall hatte.

Tabelle 2. — Versuchsflächen für den IUFRO *Pinus contorta*-Herkunftsversuch

| Versuchsort<br>Versuchs-Nr. | Bodenwöhr<br>Ki 30             | Rengsdorf<br>Ki 31              | Meppen<br>Ki 32                | Eggebek<br>Ki 33, Ki 35        | Curslack<br>Ki 34, Ki 36              | Vorwerksbusch<br>Ki 37 |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Land                        | Bayern                         | Rheinland-Pfalz                 | Niedersachsen                  | Schleswig-Holstein             | Hamburg                               | Schleswig-Holstein     |
| Breitengrad                 | 49°18' N                       | 50°29' N                        | 52°53' N                       | 54°38' N                       | 53°27' N                              | 53°31' N               |
| Längengrad                  | 12°20' E                       | 7°32' E                         | 7°30' E                        | 9°23' E                        | 10°16' E                              | 10°16' E               |
| Höhe ü. NN                  | 380 m                          | 310 m                           | 50 m                           | 23 m                           | 4 m                                   | 40 m                   |
| Exposition                  | N, fast eben                   | SW bis NW                       | fast eben                      | eben                           | eben                                  | eben                   |
| Bodenart                    | Sandboden ohne<br>Podsolierung | sandiger Lehmboden<br>Braunerde | Sandboden mit<br>Podsolbildung | Sandboden mit<br>Podsolbildung | Marschboden mit<br>Sandüberschichtung | Sandboden              |
| Niederschlag                | 640 mm                         | 732 mm                          | 727 mm                         | 713 mm                         | 750 mm                                | 700 mm                 |
| Temperatur                  | 7,2° C                         | 8,8° C                          | 8,6° C                         | 8,0° C                         | 8,0° C                                | 8,5° C                 |
| Provenienzen                | 100                            | 100                             | 100                            | 64 und 35                      | 64 und 35                             | 20                     |
| Flächengröße                | 0,71 ha                        | 0,71 ha                         | 0,71 ha                        | 0,48 ha/0,28 ha                | 0,48 ha/0,28 ha                       | 0,1 ha                 |

Tabelle 3. — Prozentuale Pflanzenausfälle auf Versuchsflächen mit *Pinus contorta*-Herkünften

| Jahr der Anlage | Versuchs-ort          | Anzahl der Vegetationsperioden | Ausfälle in % |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------|
| 1971            | Bodenwöhr (Ki 30)     | 5                              | 10            |
|                 | Rengsdorf (Ki 31)     | 5                              | 33            |
|                 | Meppen (Ki 32)        | 1                              | 29            |
|                 | Esgebek (Ki 33)       | 1                              | 60            |
|                 | Esgebek (Ki 33)       | 7                              | 86            |
|                 | Curslack (Ki 34)      | 5                              | 36            |
| 1972            | Esgebek (Ki 35)       | 4                              | 1             |
|                 | Curslack (Ki 36)      | 4                              | 3             |
|                 | Vorwerksbusch (Ki 37) | 4                              | 9             |

Auch der Bodentyp war für das Ausmaß der Mortalität bedeutungsvoll. Die höchsten Ausfälle gab es nach dem trockenen Jahr 1971 vor allem auf Podsolböden.

Unterschiede in den Mortalitätsraten bestehen jedoch nicht nur zwischen Versuchsflächen und Anlagejahren, sondern auch zwischen Provenienzen (Tab. 4). Besonders große Ausfälle waren auf allen Versuchsflächen bei den 3 Herkünften der *P. contorta*-Unterart *ssp. bolanderi* festzustellen. Die anderen Unterarten verhielten sich untereinander ähnlich und hatten eine im Mittel übereinstimmende geringere Mortalität. Zwischen den prozentualen Pflanzenausfällen der Provenienzen auf verschiedenen Versuchsflächen ergaben sich enge Beziehungen mit Korrelationswerten zwischen  $r = 0,4$  und  $0,7$ . Obwohl nicht ohne weiteres eine klimale Variation des Merkmals Mortalität anzunehmen ist, wurden Korrelationen mit verschiedenen geographischen Daten untersucht. Mit dem Längengrad und der Höhenlage ü. NN bestanden in der Regel keine Zusammenhänge. Anders verhielt es sich mit dem Breitengrad. Hier errechneten sich für Herkünfte innerhalb der Unterarten *ssp. contorta* und *ssp. latifolia* signifikante negative Korrelationen, jedoch nicht für *ssp. murrayana*-Provenienzen. Für *ssp. contorta* lagen die  $r$ -Werte um  $-0,5$ .

Demnach haben die südlichen Küstenherkünfte signifikant höhere Ausfälle. Die für *ssp. latifolia* erhaltenen mittleren Werte von  $r = -0,3$  lassen zwar eine ähnliche Tendenz erkennen, doch zeigen die niedrigeren Werte, daß bei Herkünften dieses uneinheitlichen Verbreitungsgebietes auch andere Faktoren eine Rolle spielen.

Analysen über eventuelle Beziehungen zwischen der Mortalität und dem Höhenwachstum wurden für die einzelnen Standorte bzw. *P. contorta*-Unterarten getrennt berechnet. Danach ergaben sich schwache positive Korrelationen zwischen diesen beiden Merkmalen mit Werten um  $0,3$ , wenn die Daten aller *P. contorta*-Herkünfte zugrundegelegt wurden. Betrachtete man die einzelnen Unterarten, so war bei *ssp. contorta* und *ssp. latifolia* die Mortalität mit dem Höhenwachstum ebenfalls schwach korreliert. Für *ssp. contorta* betragen die  $r$ -Werte  $0,14$  bis  $0,39$ , für *ssp. latifolia*  $0,26$  bis  $0,52$ . Demnach haben bei diesen Unterarten die wüchsigeren Herkünfte zum Teil höhere Ausfälle als schwachwüchsige Provenienzen. Bei *ssp. murrayana* bestanden nach den vorliegenden Daten keine solchen Zusammenhänge.

## 2. Höhenwachstum

Angaben über das Höhenwachstum der *P. contorta*-Herkünfte finden sich nach Versuchsorten getrennt in Tabelle 1. Zur besseren Vergleichsmöglichkeit sind auch die über alle Versuchsflächen gemittelten prozentualen Wuchsleistungen aller Herkünfte angegeben. Dieses Vorgehen erscheint gerechtfertigt, da die varianzanalytischen Werte für die Inter-

aktion Herkünfte  $\times$  Versuchsstandorte sehr niedrig sind und nur in geringem Umfang zur Gesamtvarianz beitragen. In die Berechnungen wurden die Versuche Meppen (Ki 32) und Esgebek (Ki 33) wegen des starken Triebwickler-Befalls bzw. wegen der großen Pflanzenausfälle nicht einbezogen.

Im Höhenwachstum bestehen zwischen den Herkünften hochsignifikante Unterschiede, die je nach Versuchsort mit etwa  $80-90\%$  zur Gesamtvarianz beitragen (Tab. 5). Hier von abweichende Varianzanalyseergebnisse hatten nur die Versuche Ki 32 und Ki 33, vermutlich infolge von Ausfällen und Triebwickler-Befall. Zwischen den Versuchsflächen bestehen hinsichtlich der absoluten Höhenwerte Unterschiede, die aber nur bis etwa  $13\%$  zur Gesamtvarianz beitragen und oft nicht signifikant sind. Signifikante Unterschiede lassen sich zwischen den 4 *P. contorta*-Unterarten nachweisen. Weitere signifikante Unterschiede bestehen innerhalb der Unterarten zwischen Regionen oder Saatgutazonen.

Bei einem Vergleich der prozentualen Höhenwuchsleistungen der Herkünfte über alle Versuchsorte hinweg übertrifft die IUFRO-Nr. 2097-Hauser Dunes (Oregon) mit gemitteltem  $165\%$  alle anderen Provenienzen. Das geringste mittlere Wachstum ist bei der IUFRO-Nr. 2017-Frances Lake (Yukon) mit  $39\%$  zu verzeichnen. Die beiden Herkünfte unterscheiden sich somit um den Faktor  $4,2$ . Die zuletzt genannte Herkunft entstammt einem Gebiet an der nördlichen Verbreitungsgrenze von *P. contorta* (vergl. Abb. 1). Innerhalb der Provenienzen war das Höhenwachstum der Einzelbäume je nach Versuchsstandort mehr oder weniger einheitlich. Bei einem Vergleich der Höhenwuchsleistungen der einzelnen Herkünfte mit ihren jeweiligen geographischen Daten ergaben sich deutlich Abhängigkeiten. Einen Eindruck von der Beziehung zwischen Höhenwachstum und geographischer Breite vermittelt Abbildung 2, in der die 4 *P. contorta*-Unterarten mit verschiedenen Symbolen gekennzeichnet wurden. Das überdurchschnittlich gute Wachstum von Küstenherkünften der Unterart *ssp. contorta* hebt sich deutlich von dem der übrigen Herkünfte ab. Inlandherkünfte der *ssp. latifolia* nehmen hinsichtlich der Wuchsleistung eine mittlere Stellung ein. Bei beiden Unterarten ist mit zunehmendem Breitengrad eine abnehmende Wuchsleistung der Herkünfte zu verzeichnen. Erkennbar ist auch das unterdurchschnittliche Höhenwachstum der meisten Inlandherkünfte der Unterart *ssp. murrayana*. Auf nähere Einzelheiten wird im Folgenden eingegangen.

*Pinus contorta ssp. contorta* (Küstenform). Die 43 Herkünfte dieser Unterart kommen aus den Staaten Kalifornien, Oregon, Washington, British Columbia und Alaska aus Höhenlagen bis maximal  $550$  m ü. NN. Bei der IUFRO-Nr. 2081-Blue Mountains (Washington) aus einer Höhe von über  $1600$  m ist es fraglich, ob sie dieser Küstenform zugerechnet werden kann, zumal auch ihre Wuchsleistung mit insgesamt  $79\%$  weit unter der anderer Küstenherkünfte dieses Gebietes liegt. Die wüchsigen Provenienzen stammen aus Oregon und haben Wuchsleistungen zwischen  $130$  und  $165\%$ .

Gutwüchsig sind auch die südlichste Provenienz dieser Unterart, die IUFRO-Nr. 2105-Samoa (Kalifornien), sowie Herkünfte aus Washington. Hier sei vor allem auf die IUFRO-Nr. 2087-Long Beach verwiesen, die sich auch in älteren Anbauversuchen als besonders wüchsig herausgestellt hat (STEPHAN, 1976 a).

Überdurchschnittlich gutes Wachstum besitzen auch Herkünfte der Küstenregion von British Columbia, obwohl hier stärker differenziert werden muß. So sind vor allem Herkünfte von der Südspitze von Vancouver Island hervorzu-

heben mit IUFRO-Nr. 2072-Sooke, die eine Wuchsleistung von etwa 157% aufweist. Provenienzen aus dem Nordteil von Vancouver Island erreichen etwa 104–134%, also bereits weniger als aus dem Südteil.

Die Grenze zwischen über- und unterdurchschnittlich wachsenden Herkünften deckt sich etwa mit dem 51. Breitengrad. Eine Ausnahme bilden die beiden Herkünfte der weiter nördlich liegenden Queen Charlotte Islands (IUFRO-

Tabelle 4. — Mortalität, Dickenwachstum in 50 cm Höhe und Triebwickler-Befall bei *Pinus contorta*-Herkünften auf verschiedenen Versuchsstandorten

| IUFRO Nr.  | Staat      | Mortalität (%) |               |               |               |               |               | Durchmesser in 50 cm Höhe (%) |               |               | Triebwickler-Befall (%) |               |               |               |               |               |
|--|------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|  |            | Ki 30<br>1975  | Ki 31<br>1975 | Ki 34<br>1975 | Ki 35<br>1975 | Ki 36<br>1975 | Ki 37<br>1975 | Ki 35<br>1977                 | Ki 36<br>1977 | Ki 37<br>1977 | Ki 30<br>1975           | Ki 31<br>1975 | Ki 34<br>1975 | Ki 35<br>1977 | Ki 36<br>1977 | Ki 37<br>1977 |
| Alter der Bäume in Jahren:                         |            | 7              | 7             | 7             | 6             | 6             | 6             | 8                             | 8             | 8             | 7                       | 7             | 7             | 8             | 8             | 8             |
| <u><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>contorta</i></u>  |            |                |               |               |               |               |               |                               |               |               |                         |               |               |               |               |               |
| 2001   | Alaska     | 8              | 23            | 39            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 4             | 13            | --            | --            | --            |
| 2002   | Alaska     | 8              | 42            | 47            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 3             | 33            | --            | --            | --            |
| 2003   | Alaska     | 3              | 14            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 9             | --            | --            | --            | --            |
| 2004   | Alaska     | 8              | 16            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 19            | --            | --            | --            | --            |
| 2005   | Alaska     | 5              | 14            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 11            | --            | --            | --            | --            |
| 2006   | Alaska     | 13             | 30            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 9             | --            | --            | --            | --            |
| 2007   | Alaska     | 2              | 20            | 23            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 2             | 36            | --            | --            | --            |
| *2008  | Alaska     | 5              | 23            | 9             | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 6             | 29            | --            | --            | --            |
| 2009   | Alaska     | 16             | 22            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 4                       | 10            | --            | --            | --            | --            |
| 2010   | Alaska     | 0              | 22            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 16            | --            | --            | --            | --            |
| 2011   | Alaska     | 3              | 20            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 8             | --            | --            | --            | --            |
| 2012   | Alaska     | 3              | 30            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 16            | --            | --            | --            | --            |
| 2067   | Brit. Col. | 11             | 63            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 11                      | 13            | --            | --            | --            | --            |
| 2149   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 0             | --            | 100,9                         | 91,3          | --            | --                      | --            | --            | 52            | 95            | --            |
| 2152   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 5             | 2             | --            | 98,8                          | 93,6          | --            | --                      | --            | --            | 54            | 84            | --            |
| 2071   | Brit. Col. | 2              | 19            | 52            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 23            | 50            | --            | --            | --            |
| 2072   | Brit. Col. | 14             | 19            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 10            | --            | --            | --            | --            |
| 2147   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 0             | 2             | 130,5                         | 114,9         | 136,5         | --                      | --            | --            | 73            | 94            | 54            |
| 2150   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 3             | --            | 138,6                         | 123,3         | --            | --                      | --            | --            | 61            | 95            | --            |
| 2154   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 3             | --            | 126,6                         | 115,8         | --            | --                      | --            | --            | 57            | 100           | --            |
| 2145   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 2             | --            | 101,8                         | 92,9          | --            | --                      | --            | --            | 50            | 94            | --            |
| 2146   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 2             | 3             | --            | 142,2                         | 119,2         | --            | --                      | --            | --            | 67            | 92            | --            |
| 2151   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 2             | --            | 107,5                         | 96,6          | --            | --                      | --            | --            | 47            | 95            | --            |
| 2148   | Brit. Col. | --             | --            | --            | 2             | 2             | 0             | 134,4                         | 130,4         | 165,1         | --                      | --            | --            | 65            | 98            | 74            |
| 2056   | Brit. Col. | 9              | 48            | 28            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 9             | 20            | --            | --            | --            |
| 2048   | Brit. Col. | 11             | 13            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 4                       | 20            | --            | --            | --            | --            |
| 2050   | Brit. Col. | 3              | 28            | 30            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 20            | 58            | --            | --            | --            |
| 2044   | Brit. Col. | 3              | 41            | 41            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 24            | 100           | --            | --            | --            |
| *2083  | Washington | 6              | 38            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 38            | --            | --            | --            | --            |
| 2085   | Washington | 6              | 36            | 33            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 24            | 33            | --            | --            | --            |
| 2087   | Washington | 8              | 28            | 34            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 13            | 60            | --            | --            | --            |
| 2081   | Washington | 3              | 22            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 11                      | 14            | --            | --            | --            | --            |
| 2121   | Washington | --             | --            | --            | 6             | 3             | 8             | 134,7                         | 124,5         | 140,2         | --                      | --            | --            | 70            | 94            | 29            |
| 2084   | Washington | 9              | 58            | 23            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 9                       | 11            | 54            | --            | --            | --            |
| 2086   | Washington | 8              | 36            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 12                      | 34            | --            | --            | --            | --            |
| 2089   | Oregon     | 13             | 45            | 35            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 11            | 18            | --            | --            | --            |
| 2092   | Oregon     | 5              | 31            | 14            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 18            | 58            | --            | --            | --            |
| 2093   | Oregon     | 9              | 69            | 30            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 15            | 29            | --            | --            | --            |
| 2096   | Oregon     | 8              | 48            | 55            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 18            | 50            | --            | --            | --            |
| 2097   | Oregon     | 28             | 75            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 31            | --            | --            | --            | --            |
| 2099   | Oregon     | 30             | 53            | 48            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 10            | 44            | --            | --            | --            |
| 2100   | Oregon     | 20             | 22            | 38            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 10                      | 14            | 14            | --            | --            | --            |
| *2105  | California | 16             | 23            | 36            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 16            | 20            | --            | --            | --            |
| <u><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>bolanderi</i></u> |            |                |               |               |               |               |               |                               |               |               |                         |               |               |               |               |               |
| 2107   | California | 56             | 44            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 17            | --            | --            | --            | --            |
| 2132   | California | --             | --            | --            | 5             | 9             | --            | 74,0                          | 104,3         | --            | --                      | --            | --            | 50            | 85            | --            |
| 2134   | California | --             | --            | --            | 3             | 11            | --            | 102,4                         | 119,2         | --            | --                      | --            | --            | 53            | 95            | --            |
| <u><i>Pinus contorta</i> ssp. <i>murrayana</i></u> |            |                |               |               |               |               |               |                               |               |               |                         |               |               |               |               |               |
| 2090   | Oregon     | 23             | 44            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 4                       | 31            | --            | --            | --            | --            |
| 2091   | Oregon     | 14             | 20            | 28            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 9                       | 16            | 20            | --            | --            | --            |
| 2094   | Oregon     | 5              | 20            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 14            | --            | --            | --            | --            |
| 2095   | Oregon     | 5              | 16            | 28            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 0             | 13            | --            | --            | --            |
| 2128   | Oregon     | --             | --            | --            | 2             | 2             | 5             | 103,3                         | 100,7         | 85,2          | --                      | --            | --            | 41            | 78            | 24            |
| 2098   | Oregon     | 13             | 25            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 4             | --            | --            | --            | --            |
| 2129   | Oregon     | --             | --            | --            | 0             | 3             | 9             | 105,7                         | 107,3         | 85,2          | --                      | --            | --            | 55            | 81            | 39            |
| 2101   | California | 13             | 38            | 31            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 5             | 20            | --            | --            | --            |
| 2102   | California | 11             | 19            | 19            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 15            | 46            | --            | --            | --            |
| 2103   | California | 8              | 31            | 35            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 18            | 0             | --            | --            | --            |
| 2104   | California | 2              | 11            | 22            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 7             | 27            | --            | --            | --            |
| 2106   | California | 3              | 31            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 9             | --            | --            | --            | --            |
| 2130   | California | --             | --            | --            | 0             | 2             | 11            | 91,6                          | 97,0          | 95,8          | --                      | --            | --            | 52            | 70            | 28            |
| 2131   | California | --             | --            | --            | 2             | 5             | 9             | 73,7                          | 92,7          | 56,6          | --                      | --            | --            | 46            | 58            | 7             |
| 2133   | California | --             | --            | --            | 0             | 2             | 5             | 77,8                          | 96,6          | 84,1          | --                      | --            | --            | 43            | 55            | 6             |
| 2135   | California | --             | --            | --            | 2             | 3             | 30            | 68,9                          | 79,9          | 54,5          | --                      | --            | --            | 37            | 34            | 6             |
| 2136   | California | --             | --            | --            | 0             | 5             | --            | 64,7                          | 77,3          | --            | --                      | --            | --            | 46            | 36            | --            |
| *2137  | California | --             | --            | --            | 0             | 0             | 22            | 64,1                          | 82,2          | 61,4          | --                      | --            | --            | 51            | 57            | 5             |
| 2138   | California | --             | --            | --            | 0             | 0             | --            | 77,5                          | 75,5          | --            | --                      | --            | --            | 48            | 45            | --            |
| 2139   | California | --             | --            | --            | 0             | 0             | 13            | 88,3                          | 89,5          | 75,1          | --                      | --            | --            | 38            | 59            | 11            |
| 2140   | California | --             | --            | --            | 0             | 3             | 6             | 74,0                          | 78,3          | 69,3          | --                      | --            | --            | 39            | 72            | 3             |

Fortsetzung

| IUFRO Nr.                            | Staat      | Mortalität (%) |               |               |               |               |               | Durchmesser in 50 cm Höhe (%) |               |               | Triebwickler-Befall (%) |               |               |               |               |               |
|--------------------------------------|------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                      |            | Ki 30<br>1975  | Ki 31<br>1975 | Ki 34<br>1975 | Ki 35<br>1975 | Ki 36<br>1975 | Ki 37<br>1975 | Ki 35<br>1977                 | Ki 36<br>1977 | Ki 37<br>1977 | Ki 30<br>1975           | Ki 31<br>1975 | Ki 34<br>1975 | Ki 35<br>1977 | Ki 36<br>1977 | Ki 37<br>1977 |
| Alter der Bäume in Jahren:           |            | 7              | 7             | 7             | 6             | 6             | 6             | 8                             | 8             | 8             | 7                       | 7             | 7             | 8             | 8             | 8             |
| <u>Pinus contorta ssp. latifolia</u> |            |                |               |               |               |               |               |                               |               |               |                         |               |               |               |               |               |
| 2082                                 | Washington | --             | --            | 36            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | --                      | --            | 43            | --            | --            | --            |
| *2088                                | Washington | 3              | 17            | 17            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 10                      | 25            | 36            | --            | --            | --            |
| 2127                                 | Oregon     | --             | --            | --            | 0             | 3             | 6             | 107.5                         | 111.4         | 108.5         | --                      | --            | --            | 57            | 87            | 45            |
| 2123                                 | Oregon     | --             | --            | --            | 0             | 2             | 5             | 119.5                         | 102.5         | 134.4         | --                      | --            | --            | 53            | 86            | 52            |
| 2124                                 | Oregon     | --             | --            | --            | 0             | 2             | 19            | 89.5                          | 97.5          | 64.0          | --                      | --            | --            | 42            | 84            | 4             |
| 2125                                 | Oregon     | --             | --            | --            | 2             | 5             | 9             | 109.3                         | 110.8         | 119.6         | --                      | --            | --            | 62            | 79            | 46            |
| 2126                                 | Oregon     | --             | --            | --            | 0             | 2             | --            | 105.1                         | 92.7          | --            | --                      | --            | --            | 67            | 68            | --            |
| 2120                                 | Montana    | --             | --            | --            | 2             | 2             | 5             | 110.2                         | 111.4         | 119.0         | --                      | --            | --            | 66            | 82            | 46            |
| 2122                                 | Montana    | --             | --            | --            | 2             | 2             | 6             | 94.3                          | 100.7         | 101.1         | --                      | --            | --            | 64            | 78            | 48            |
| 2153                                 | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 3             | --            | 97.6                          | 103.9         | --            | --                      | --            | --            | 72            | 79            | --            |
| 2035                                 | Brit. Col. | 13             | 36            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 17            | --            | --            | --            | --            |
| 2034                                 | Brit. Col. | 33             | 42            | 44            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 32            | 63            | --            | --            | --            |
| 2073                                 | Brit. Col. | 3              | 30            | 58            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 13            | 0             | --            | --            | --            |
| 2063                                 | Brit. Col. | 14             | 61            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 11                      | 8             | --            | --            | --            | --            |
| 2060                                 | Brit. Col. | 25             | 55            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 10            | --            | --            | --            | --            |
| 2144                                 | Brit. Col. | --             | --            | --            | 0             | 0             | 9             | 100.6                         | 101.4         | 122.8         | --                      | --            | --            | 52            | 77            | 39            |
| 2069                                 | Brit. Col. | 3              | 38            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 18            | --            | --            | --            | --            |
| 2064                                 | Brit. Col. | 5              | 30            | 45            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 24            | 100           | --            | --            | --            |
| 2066                                 | Brit. Col. | 8              | 48            | 69            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 9                       | 36            | 0             | --            | --            | --            |
| 2054                                 | Brit. Col. | 9              | 41            | 45            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 21            | 33            | --            | --            | --            |
| 2059                                 | Brit. Col. | 25             | 66            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 23            | --            | --            | --            | --            |
| 2051                                 | Brit. Col. | 14             | 39            | 36            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 14            | 50            | --            | --            | --            |
| 2052                                 | Brit. Col. | 6              | 44            | 59            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 6             | 0             | --            | --            | --            |
| 2046                                 | Brit. Col. | 17             | 25            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 13            | --            | --            | --            | --            |
| 2047                                 | Brit. Col. | 17             | 42            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 22            | --            | --            | --            | --            |
| 2068                                 | Brit. Col. | 3              | 25            | 34            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 15            | 62            | --            | --            | --            |
| 2061                                 | Brit. Col. | 28             | 75            | 56            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 11                      | 25            | 0             | --            | --            | --            |
| 2062                                 | Brit. Col. | 28             | 58            | 66            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 4                       | 27            | 100           | --            | --            | --            |
| 2065                                 | Brit. Col. | 13             | 47            | 56            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 27            | 38            | --            | --            | --            |
| 2057                                 | Brit. Col. | 11             | 30            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 9                       | 13            | --            | --            | --            | --            |
| 2058                                 | Brit. Col. | 19             | 27            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 17            | --            | --            | --            | --            |
| 2053                                 | Brit. Col. | 8              | 27            | 34            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 10                      | 15            | 31            | --            | --            | --            |
| 2043                                 | Brit. Col. | 5              | 20            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 10            | --            | --            | --            | --            |
| *2045                                | Brit. Col. | 17             | 30            | 39            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 20            | 20            | --            | --            | --            |
| 2049                                 | Brit. Col. | 13             | 30            | 34            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 20            | 33            | --            | --            | --            |
| 2055                                 | Brit. Col. | 2              | 39            | 41            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 8             | 0             | --            | --            | --            |
| 2036                                 | Brit. Col. | 17             | 27            | 44            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 4             | 60            | --            | --            | --            |
| 2040                                 | Brit. Col. | 17             | 30            | 23            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 13            | 20            | --            | --            | --            |
| 2041                                 | Brit. Col. | 14             | 66            | 58            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 4                       | 5             | 100           | --            | --            | --            |
| 2042                                 | Brit. Col. | 8              | 25            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 17            | --            | --            | --            | --            |
| 2038                                 | Brit. Col. | 8              | 56            | 33            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 11            | 20            | --            | --            | --            |
| 2039                                 | Brit. Col. | 8              | 36            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 10            | --            | --            | --            | --            |
| 2032                                 | Brit. Col. | 3              | 41            | 30            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 18            | 44            | --            | --            | --            |
| 2033                                 | Brit. Col. | 3              | 39            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 10                      | 15            | --            | --            | --            | --            |
| 2037                                 | Brit. Col. | 3              | 50            | 41            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 6             | 0             | --            | --            | --            |
| 2031                                 | Brit. Col. | 8              | 34            | 25            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 2             | 31            | --            | --            | --            |
| 2029                                 | Brit. Col. | --             | --            | 39            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | --                      | --            | 40            | --            | --            | --            |
| 2030                                 | Brit. Col. | 5              | 34            | 42            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 19            | 29            | --            | --            | --            |
| 2028                                 | Brit. Col. | 0              | 53            | 33            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 3             | 13            | --            | --            | --            |
| 2023                                 | Brit. Col. | 5              | 30            | 13            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 2             | 33            | --            | --            | --            |
| 2024                                 | Brit. Col. | 9              | 48            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 3             | --            | --            | --            | --            |
| 2026                                 | Brit. Col. | 2              | 28            | 27            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 8                       | 7             | 20            | --            | --            | --            |
| 2022                                 | Brit. Col. | 5              | 33            | 22            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 0             | 55            | --            | --            | --            |
| 2025                                 | Brit. Col. | 2              | 34            | 20            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 5             | 21            | --            | --            | --            |
| 2027                                 | Brit. Col. | 0              | 42            | 31            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 7                       | 5             | 46            | --            | --            | --            |
| 2020                                 | Brit. Col. | 2              | 16            | 52            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 2             | 83            | --            | --            | --            |
| 2019                                 | Brit. Col. | 3              | 9             | 27            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 3             | 43            | --            | --            | --            |
| 2021                                 | Brit. Col. | 0              | 16            | 16            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 6             | 58            | --            | --            | --            |
| 2014                                 | Yukon      | --             | --            | 41            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | --                      | --            | 46            | --            | --            | --            |
| 2015                                 | Yukon      | 2              | 17            | 36            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 2             | 67            | --            | --            | --            |
| 2017                                 | Yukon      | 9              | 20            | 27            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 8             | 60            | --            | --            | --            |
| 2018                                 | Yukon      | 0              | 27            | 34            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 5                       | 2             | 36            | --            | --            | --            |
| 2074                                 | Alberta    | 5              | 28            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 2                       | 4             | --            | --            | --            | --            |
| 2075                                 | Alberta    | 16             | 22            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 8             | --            | --            | --            | --            |
| 2076                                 | Alberta    | 3              | 17            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 17            | --            | --            | --            | --            |
| 2077                                 | Alberta    | 2              | 16            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 6                       | 4             | --            | --            | --            | --            |
| 2078                                 | Alberta    | 2              | 28            | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 0                       | 2             | --            | --            | --            | --            |
| 2079                                 | Alberta    | 2              | 8             | --            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | 3                       | 12            | --            | --            | --            | --            |
| 2080                                 | Alberta    | --             | --            | 27            | --            | --            | --            | --                            | --            | --            | --                      | --            | 0             | --            | --            | --            |
| 2141                                 | Alberta    | --             | --            | --            | 0             | 3             | --            | 91.6                          | 87.4          | --            | --                      | --            | --            | 45            | 68            | --            |
| 2142                                 | Alberta    | --             | --            | --            | 0             | 0             | 5             | 98.2                          | 92.4          | 120.1         | --                      | --            | --            | 48            | 66            | 27            |
| 2143                                 | Alberta    | --             | --            | --            | 0             | 0             | --            | 97.6                          | 87.6          | --            | --                      | --            | --            | 48            | 67            | --            |
| Versuchsmittel (%)                   |            | 9.5            | 33.4          | 35.7          | 1.0           | 2.5           | 9.2           |                               |               |               | 4.5                     | 13.3          | 37.2          | 53.5          | 76.8          | 29.7          |
| Versuchsmittel (mm)                  |            |                |               |               |               |               |               | 33.4                          | 43.7          | 18.9          |                         |               |               |               |               |               |

Tabelle 5. — Varianzanalysen des Höhenwachstums und Durchmessers (in 50 cm Höhe) von *Pinus contorta*-Provenienzen an 8 Versuchsorten

| Versuchs-ort                | Alter | Ursache: |           | Wiederholung    |    | Herkünfte |                 | Rest |                 |
|-----------------------------|-------|----------|-----------|-----------------|----|-----------|-----------------|------|-----------------|
|                             |       | FG       | F-Wert    | Varianz-komp. % | FG | F-Wert    | Varianz-komp. % | FG   | Varianz-komp. % |
| Höhenwachstum               |       |          |           |                 |    |           |                 |      |                 |
| Ki 30                       | 7     | 3        | 0,74 n.s. | 0               | 99 | 37,10 *** | 90              | 297  | 10              |
| Ki 31                       | 7     | 3        | 16,58 *** | 3               | 99 | 21,23 *** | 82              | 295  | 15              |
| Ki 32                       | 3     | 3        | 2,40 n.s. | 1               | 97 | 6,83 ***  | 59              | 291  | 40              |
| Ki 33                       | 3     | 3        | 0,25 n.s. | 0               | 59 | 2,50 ***  | 27              | 177  | 73              |
| Ki 34                       | 7     | 3        | 10,71 *** | 3               | 63 | 17,37 *** | 78              | 189  | 19              |
| Ki 35                       | 8     | 3        | 12,09 *** | 3               | 34 | 39,16 *** | 88              | 102  | 9               |
| Ki 36                       | 8     | 3        | 10,44 *** | 3               | 34 | 30,01 *** | 85              | 102  | 12              |
| Ki 37                       | 8     | 3        | 1,65 n.s. | 1               | 19 | 21,73 *** | 83              | 57   | 16              |
| Durchmesser (in 50 cm Höhe) |       |          |           |                 |    |           |                 |      |                 |
| Ki 35                       | 8     | 3        | 18,53 *** | 6               | 34 | 30,21 *** | 83              | 102  | 21              |
| Ki 36                       | 8     | 3        | 8,30 ***  | 5               | 34 | 14,80 *** | 74              | 102  | 21              |
| Ki 37                       | 8     | 3        | 1,98 n.s. | 1               | 19 | 11,57 *** | 72              | 57   | 27              |

Signifikanz: n.s. = nicht signifikant; \*\*\* = 0,1 %

Nr. 2048, 2050), die sehr einheitlich etwa 111% erreichen. Mit 88—90% Wachstum fallen dagegen die Insel-Herkünfte IUFRO-Nr. 2044-Porcher Island und 2056-Campbell Island auf. Beide Inseln sind nach ILLINGWORTH (1976) mit einer buschförmigen, zwergwüchsigen *P. contorta*-Population bewachsen und stellen somit offenbar eine abweichende Form dar. Aus den Gebieten nördlich des 51. Breitengrades und hier vor allem von der Alaska-Küste kommen nur Provenienzen, die unter den hiesigen Versuchsbedingungen als schwachwüchsig einzustufen sind und im Vergleich zum Gesamtmittel einen geringeren Höhenwuchs von etwa 97—78% haben.

Aus dem Vorstehenden wird bereits ersichtlich, daß das Höhenwachstum der *ssp. contorta*-Herkünfte von Süden nach Norden abnimmt. Dieser Zusammenhang erfährt auch durch den hohen negativen Korrelationswert von  $r = -0,83$  eine Bestätigung (vergl. auch Abb. 2).

*Pinus contorta ssp. bolanderi* (Küstenform). Aus dem sehr kleinen Verbreitungsgebiet dieser Unterart um Mendocino (Kalifornien) sind 3 Populationen in den Anbauversuchen vertreten. Die Wuchsleistung dieser Herkünfte variiert sehr stark in Abhängigkeit vom Standort. Trotz teilweise guten Wachstums ist ihre Verwendungsmöglichkeit begrenzt infolge der bereits geschilderten hohen Pflanzenausfälle und starker Frostanfälligkeit, worauf noch hinzuweisen sein wird.

*Pinus contorta ssp. latifolia* (Inlandform) ist die Unterart mit dem größten und geographisch verschiedenartigsten Verbreitungsgebiet. Die in der Versuchsserie enthaltenen 73 Herkünfte stammen aus den Staaten Washington, Oregon, Montana, British Columbia, Alberta und Yukon. Dies schließt ein Gebiet zwischen 44° und 63° nördlicher Breite, 110° und 134° westlicher Länge und Höhenlagen von 300 bis 1600 m ein. Daraus wird verständlich, daß die Herkünfte in ihrer Wuchsleistung stark variieren und eine Interpretation schwieriger als bei den anderen Unterarten ist. Unabhängig davon, daß eine weitere Gliederung dieser Unterart in Ökotypen möglich erscheint, läßt sich verallgemeinernd feststellen, daß südliche Herkünfte auch bei *ssp. latifolia* wüchsiger sind als nördliche, was sich in dem Korrelationskoeffi-

zienten zwischen Breitengrad und relativer Höhe von  $r = -0,70$  ausdrückt (Abb. 2).

Insgesamt gesehen ist die Wuchsleistung im Vergleich zu Küstenherkünften jedoch geringer. Im einzelnen erreicht sie bei Herkünften aus Washington und Montana bis zu 115%, bei solchen aus Oregon etwa den Gesamtmittelwert. In British Columbia bringen die Herkünfte aus den Saatgutregionen 1000-West Coast, 2000-Southern Dry, 3000-Interior Wet, 4000-Kootenay Dry und 5000-Central Dry mit einigen Ausnahmen relativ gute Wuchsergebnisse mit mittleren 110%. Aus der Saatgutzone 3030 kommt die auf allen Versuchsstandorten bisher wüchsigeste *ssp. latifolia*-Herkunft IUFRO-Nr. 2066-Inonoaklin Valley mit Wuchshöhen zwischen 130 und 140% des jeweiligen Versuchsmittels. Aus Gebieten, die im Westen nördlich des 56. Breitengrades, im Osten aber bereits nördlich des 54. Breitengrades liegen, kommen nur Provenienzen, die sich auf den Versuchsstandorten bisher als schwachwüchsig erwiesen haben. Dabei handelt es sich in British Columbia vor allem um die Saatgutregionen 6000-Subboreal, 7000-Boreal und 8000-NW Plateau sowie um Alberta und Yukon.

*Pinus contorta ssp. murrayana* (Inlandform). Die 21 Herkünfte der Versuchsserie stammen aus Höhenlagen zwischen 550 und 2400 m in den Staaten Oregon und Kalifornien. Ihre Wuchsleistung liegt im Mittel unter der der Unterarten *ssp. contorta* und *ssp. latifolia*. Lediglich die 3 nördlichen Oregon-Provenienzen IUFRO-Nr. 2094-Black Butte Swamp, 2091-Mount Hood und 2090-Zigzag liegen mit ihrem Zuwachs bei 105—122%. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, deutet sich im Gegensatz zu den anderen Unterarten eine positive Korrelation mit dem Breitengrad an, die mit  $r = 0,36$  allerdings nicht signifikant ist. Vermutlich beeinflußt hier die Höhenlage die Zusammenhänge weit stärker, wie auch der negative Korrelationskoeffizient von  $r = -0,53$  beweist.

In weiteren Vergleichen zwischen dem mittleren relativen Höhenwachstum aller *P. contorta*-Herkünfte und dem 1000-Korngewicht (nach BARNER, 1970) zeigen sich keine signifikanten Korrelationen (Tabelle 6). Bei Prüfung der einzelnen Unterarten lassen sich bei den *ssp. contorta*- und den *ssp.*



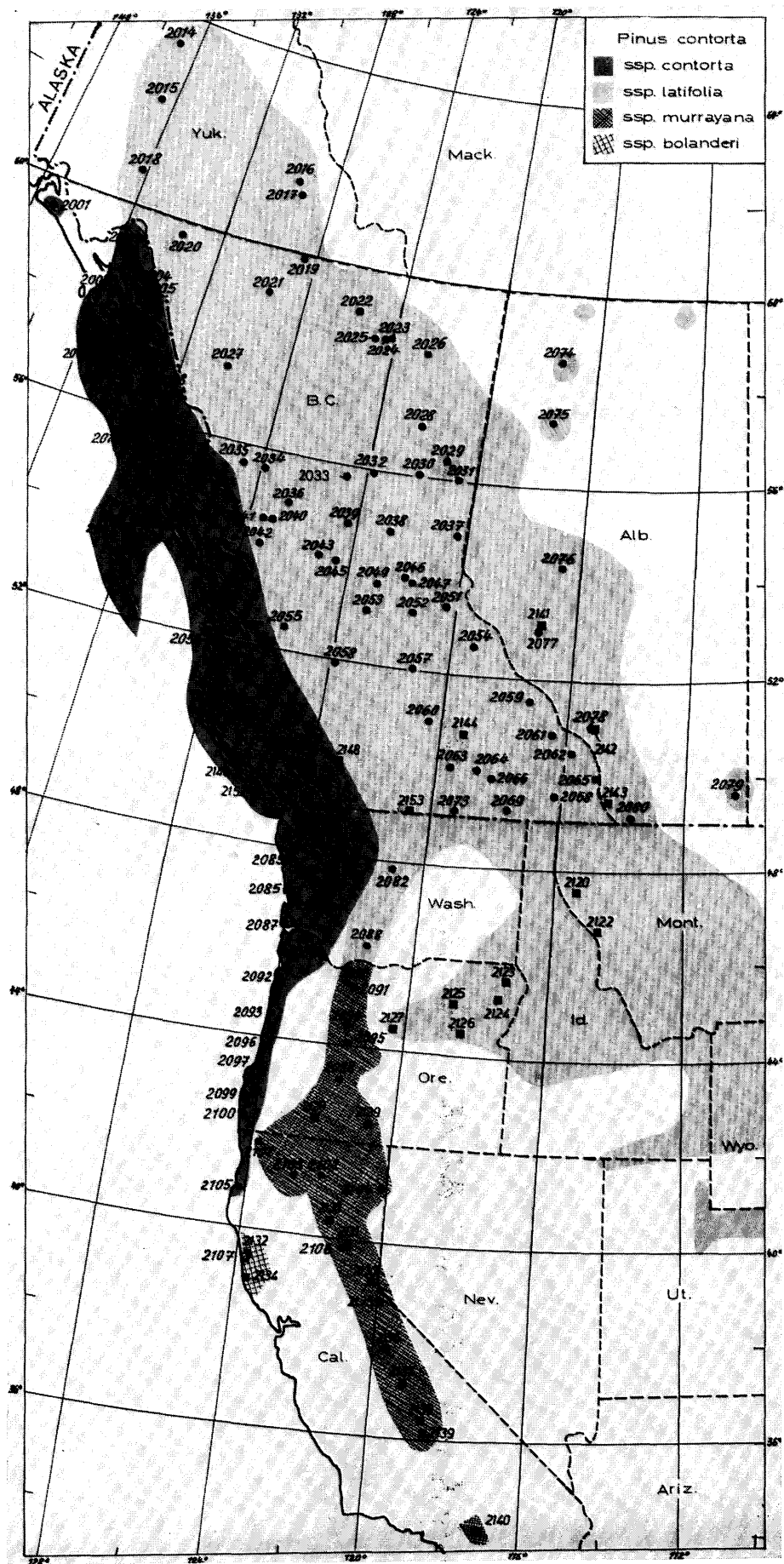


Abbildung 1. — Natürliches Verbreitungsgebiet der *Pinus contorta*-Unterarten (nach CRITCHFIELD, 1957) und Angabe der in den Provenienzversuchen verwendeten Herkünfte

Tabelle 6. — Korrelationskoeffizienten zwischen Höhenwachstum (% aller Versuche) und 1000-Korngewicht (nach BARNER, 1970) der 140 IUFRO-Herkünfte von *Pinus contorta*

| Art bzw. Unterart     | Anzahl der Herkünfte | 1000-Korngewicht r-Wert |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| <i>P. contorta</i>    | 140                  | -0,14 n.s.              |
| <i>ssp. contorta</i>  | 43                   | 0,33 *                  |
| <i>ssp. bolanderi</i> | 3                    | -0,96 **                |
| <i>ssp. latifolia</i> | 73                   | 0,13 n.s.               |
| <i>ssp. murrayana</i> | 21                   | -0,42 *                 |

Signifikanzen: n.s. = nicht signifikant; \* = 5 %; \*\* = 1 %.

*murrayana*-Herkünften schwache positive bzw. negative Korrelationskoeffizienten nachweisen. Bei *ssp. latifolia*-Herkünften bestehen keine signifikanten Korrelationen zwischen der Höhe und dem Samengewicht. Eine Beziehung zwischen der Höhe und dem 1000-Korngewicht existiert demnach im Alter von 7 bzw. 8 Jahren nur noch mit Einschränkung.

### 3. Durchmesser in 50 cm Höhe

Nach der Empfehlung von LINES (1976 b) wurde bei 35 Herkünften auf 3 Versuchsflächen (Ki 35 bis Ki 37) 6 Jahre nach Versuchsanlage der Durchmesser der Bäume in 50 cm Höhe gemessen. Die Mittelwerte der untersuchten Herkünfte finden sich in Tabelle 4. Ein Vergleich zwischen den Parzellenmittelwerten ergab varianzanalytisch signifikante Herkunftsunterschiede. Diese betragen zwischen 72 und 83%

der Gesamtvarianz (Tabelle 5). Die Durchmesserwerte sowie die Rangfolge der Herkünfte stimmte mit der im Merkmal Höhenwachstum weitgehend überein. Zwischen den Herkunftsmittelwerten bestanden für Höhenwachstum und Durchmesser auf den 3 Versuchsstandorten enge Korrelationen von  $r = 0,88$  bis  $0,97$ .

Berechnete man die Korrelationen jedoch einzelbaumweise getrennt nach Herkunft, so lagen die Werte erheblich unter den genannten und waren zum Teil nicht signifikant. Dieses Ergebnis zeigt, daß für den Einzelbaum der Durchmesser in 50 cm Höhe zumindest im Alter von 8 Jahren nur bedingt Rückschlüsse auf das Höhenwachstum zuläßt.

### 4. Zapfenbehang und männliche Blüten

Bei *P. contorta* setzt die reproduktive Phase in der Regel sehr früh ein. Um das Verhalten der 140 IUFRO-Herkünfte auch hinsichtlich dieses Merkmals kennenzulernen, wurden auf einigen Versuchsflächen im Frühjahr 1976 der Zapfenbehang sowie im Frühjahr 1978 der Zapfenbehang und die Ausbildung männlicher Blüten einzelbaumweise erfaßt. Zwischen den Herkünften bzw. *P. contorta*-Unterarten bestanden deutliche Unterschiede. Bei der Bonitur der Versuchsflächen Ki 30 und Ki 34 im Alter 7 Jahre hatten 41% bzw. 31% der Herkünfte Bäume mit einjährigen Zapfen. Nur selten waren ältere Zapfen zu beobachten. Da die Zapfen bei *P. contorta* vielfach über mehrere Jahre am Baum bleiben, kann man vermuten, daß die betreffenden Bäume mit etwa 5—6 Jahren zu blühen begonnen haben.

Auf den Versuchsflächen Ki 35, Ki 36 und Ki 37 waren anläßlich der Bonitur im Alter von 8 Jahren bereits bei 77%, 71% bzw. 80% der Herkünfte Zapfen festzustellen.

Die prozentuale Anzahl zapfentragender Bäume je Herkunft variierte allerdings stark, doch bestand zwischen ver-

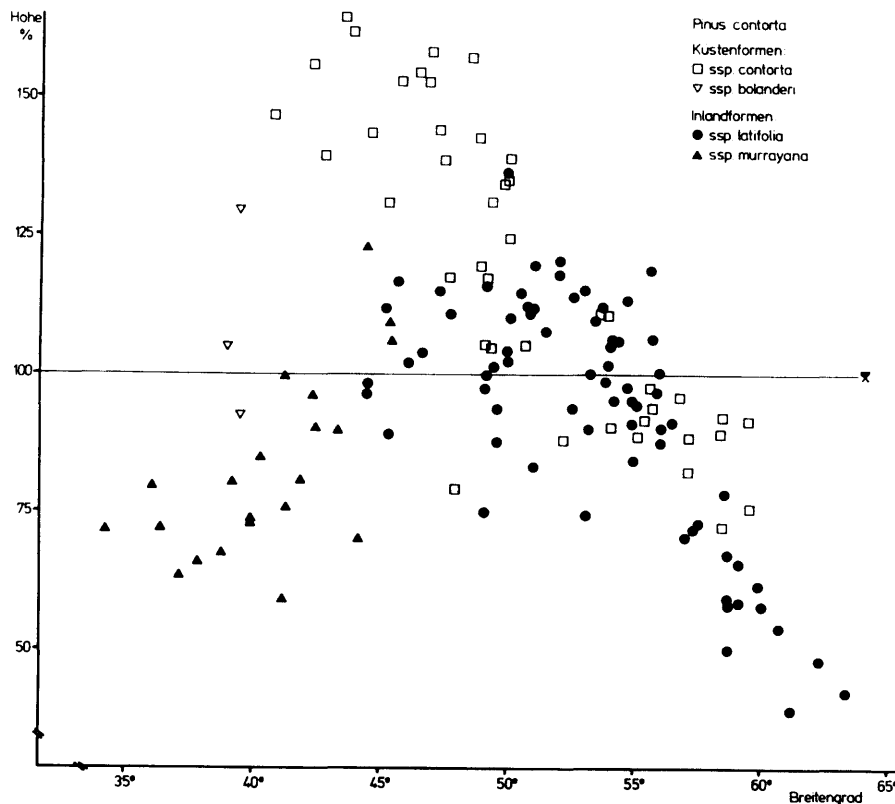


Abbildung 2. — Beziehung zwischen Höhenwachstum und Breitengrad bei 140 *Pinus contorta*-Herkünften im Alter von 7 bzw. 8 Jahren. Grundlage für die Höhenangaben sind die mittleren prozentualen Wuchsleistungen auf 6 Versuchsflächen.

schiedenen Standorten eine gute Übereinstimmung. Dies drückt beispielsweise der hohe Korrelationswert von  $r = 0,72$  aus dem Vergleich der Versuchsflächen Ki 35 und Ki 36 aus.

In der Regel waren bei Herkünften mit zapfentragenden Bäumen auch solche mit männlichen Blüten zu beobachten. Meist waren es dieselben Individuen. Zwischen dem prozentualen Anteil männlich blühender und zapfentragender Bäume je Herkunft bestanden enge Korrelationen mit Werten zwischen 0,50 und 0,80.

Über das Verhalten der Herkünfte hinsichtlich der Zapfen- und Blütenbildung läßt sich zusammenfassend folgendes sagen. Innerhalb der Unterart *ssp. contorta* hatte bis zum Alter von 7 bzw. 8 Jahren keine der südlichen Herkünfte von den Küsten Kaliforniens und Oregons Zapfen oder männliche Blüten gebildet. Nur wenige Küstenherkünfte aus Washington hatten bereits geringen Zapfenansatz. Die Küstenherkünfte aus British Columbia und Alaska besaßen dagegen relativ viele Bäume mit Zapfen und männlichen Blüten. Dies traf in besonderer Weise für Herkünfte von Vancouver Island zu.

Die 3 Herkünfte der kalifornischen *ssp. bolanderi* hatten die reproduktive Phase noch nicht erreicht. Auch bei den Gebirgsherkünften der *ssp. murrayana* war dies nur gelegentlich zu beobachten.

Eine insgesamt stärkere Neigung zum frühen Zapfen- und Blütenansatz war bei den *ssp. latifolia*-Herkünften zu verzeichnen. Eine Abhängigkeit von bestimmten geographischen Daten war nicht eindeutig nachzuweisen, obwohl offenbar die Inland-Herkünfte aus dem nördlichen British Columbia zum Zeitpunkt der Bonituren einen höheren Anteil an Bäumen mit Zapfen bzw. männlichen Blüten hatten.

#### 5. Frostschäden

Auf einigen Versuchsflächen wurden im Frühjahr 1976 bzw. im Frühjahr 1978 Schäden durch Frost festgestellt, bei denen es sich in erster Linie um Winterfrostschäden handelte. Diese äußerten sich in einer unterschiedlich starken Rotverfärbung von einzelnen Nadeln bis hin zu allen Nadeln eines Baumes. Bei Herkünften der *ssp. bolanderi* war außerdem eine Schädigung einjähriger Langtriebe durch Frost festzustellen, was in der Regel zu einer allmählichen Verbuschung der Bäume führte. Die weitaus stärksten Frostschäden traten in der süddeutschen Versuchsfläche Bodenwöhr (Ki 30) auf. Im November 1975, also im Winter vor der Bonitur, wurde dort längere Zeit starker Frost mit  $-26^{\circ}\text{C}$  als tiefster Temperatur registriert, 25% der Herkünfte enthielten im April 1976 frostgeschädigte Individuen. Die betroffenen Herkünfte kamen vor allem von den Küsten Kaliforniens, Oregons, Washingtons und von der Südspitze Vancouver Islands (B.C.). Sie gehören demnach zu den Unterarten *ssp. contorta* und *ssp. bolanderi*. Einen besonders hohen Anteil an Individuen mit geröteten Nadeln wiesen die *ssp. contorta*-Herkünfte aus Kalifornien IUFRO-Nr. 2105-Samoa (98% der Individuen) sowie aus Oregon IUFRO-Nr. 2100-Pistol River (67%), 2099-Port Orford (60%), 2097-Hauser Dunes (33%), 2096-Carter Lake (35%) und 2089-Manzanita (60%) auf. Bei der *ssp. bolanderi* IUFRO-Nr. 2107-Fort Bragg waren 100% der Bäume gerötet und viele offenbar durch wiederholte Frosteinwirkungen früherer Jahre bereits abgestorben. Interessanterweise zeigten auch viele Individuen der kalifornischen Gebirgsherkünfte aus der Unterart *ssp. murrayana* schwache Frostschäden. Bei IUFRO-Nr. 2106-Bucks Lake waren es über 43% der Bäume. Von den nördlichen Küstenherkünften sowie den Inlandherkünften der *ssp. latifolia* hatten nur vereinzelte

Bäume auf dieser süddeutschen Versuchsfläche durch Frosteinfluß gerötete Nadeln. Sie erwiesen sich demnach bisher als frostresistent.

In den norddeutschen Versuchsflächen konnten stärkere Frostschäden nur bei den beiden *ssp. bolanderi*-Herkünften 2132 und 2134 aus dem Mendocino-Gebiet (Kalifornien) registriert werden, wobei 46% bzw. 71% der noch lebenden Bäume auf dem nördlichsten Versuchsstandort in Eggebek (Ki 35) geschädigt waren.

#### 6. Schädigung durch Triebwickler-Befall

Unter mitteleuropäischen Verhältnissen beeinflusst die hohe Anfälligkeit von *P. contorta* gegenüber dem Kieferntriebwickler (*Rhyacionia buoliana* DEN. et SCHIFF.) den möglichen Anbauwert dieser Baumart nachteilig. Starker Befall verhindert eine normale Entwicklung der Bäume, was unter anderem in Provenienzversuchen auch die Beurteilung der Wuchsleistungen beeinträchtigen kann. Um die Anfälligkeit der IUFRO-Herkünfte zu untersuchen und Befallsunterschiede zwischen ihnen zu erfassen, wurden 1976 die Versuchsflächen Ki 30 bis Ki 34, sowie 1975 und 1978 die Versuche Ki 35 bis Ki 37 auf Triebwickler-Befall bonitiert. Der prozentuale Anteil befallener Bäume ist für die einzelnen Herkünfte Tabelle 4 zu entnehmen. Unberücksichtigt blieb hierbei die Versuchsfläche Meppen (Ki 32), da der Triebwickler dort besonders stark und schädigend aufgetreten war und nahezu alle Bäume deformiert waren. Da die 3 norddeutschen Versuchsflächen Ki 35 bis Ki 37 zweimal im Abstand von 2 Jahren untersucht worden waren (vgl. STEPHAN, 1976 b), bot sich hier die gute Gelegenheit, mögliche Korrelationen zwischen den Boniturwerten verschiedener Jahre zu berechnen. Insgesamt hatte der Befall stark zugenommen. Der Korrelationswert betrug für den Versuch Ki 35  $r = 0,70$ , für Ki 37  $r = 0,68$  und war nur bei der Versuchsfläche Ki 36 mit  $r = 0,24$  sehr niedrig. Bei einem Vergleich des Befalls der Herkünfte auf verschiedenen Versuchsflächen ergaben sich Korrelationswerte von  $r = 0,35$  bis 0,54, was auf ähnliche Verhaltensweisen der Herkünfte auch unter verschiedenen Umweltbedingungen hinweist.

Zwischen den einzelnen Standorten und zwischen den Herkünften waren deutliche Befallsunterschiede festzustellen (vgl. Tab. 4). Mit nur 4,5% befallenen Bäumen wies der Versuch Bodenwöhr (Ki 30) die geringsten Schäden auf. Besonders hohen Befall hatte außer der bereits erwähnten Versuchsfläche Meppen (Ki 32) der Versuch Curslack (Ki 36) mit etwa 77%. Auf einer derartig stark verseuchten Fläche waren alle Herkünfte betroffen. Vollständige Befallsfreiheit einzelner Herkünfte war nur auf Versuchsflächen mit schwachem Triebwickler-Befall zu beobachten, z. B. in Bodenwöhr (Ki 30) und Rengsdorf (Ki 31).

Vergleicht man die einzelnen Herkünfte miteinander, so fällt auf, daß Küstenprovenienzen der Unterarten *ssp. contorta* und *ssp. bolanderi* sowie Inland-Herkünfte der *ssp. latifolia* in der Regel stärker vom Triebwickler befallen sind als die Gebirgsherkünfte der *ssp. murrayana* (Tab. 4).

Triebwickler-Befall der Terminalknospe des Haupttriebes führt zu unterschiedlichen Schadenstypen. Diese können von leichten Verkrümmungen des Haupttriebes über „Posthornbildung“ bis zum völligen Absterben reichen. Als Reaktion auf eine abgetötete Terminalknospe ist Zwieselbildung bzw. gleichstarkes nestartiges Aufwachsen der obersten Seitentriebe zu beobachten.

In Zukunft wird die Weiterentwicklung dieser verschiedenen Schadenstypen zu verfolgen sein. Bereits jetzt ist die ausgezeichnete Regenerationsfähigkeit triebwicklergeschädigter *P. contorta*-Bäume hervorzuheben.

## 7. Pilzliche Krankheitserreger

Ernste Schädigungen durch pilzliche Krankheitserreger traten an den IUFRO-Herkünften bisher nicht auf. Auf zwei Beobachtungen sei im folgenden aber kurz hingewiesen.

Im Vergleich zu *P. sylvestris* zeichnet sich *P. contorta* bekanntlich durch höhere Resistenz gegenüber dem Kiefern-schütteerreger (*Lophodermium pinastri* [SCHRAD. ex HOOK.] CHEV.) aus. Diese Tatsache fand erneute Bestätigung auf der Versuchsfläche Bodenwöhr (Ki 30). Benachbarte um ein Jahr ältere *P. sylvestris* waren Ende April 1976 erheblich stärker schüttekrank als die *P. contorta*-Herkünfte, obwohl der Pilz auch bei ihnen nachgewiesen werden konnte.

Auf der Versuchsfläche Rengsdorf (Ki 31) waren viele tote und absterbende Pflanzen durch Hallimasch (*Armillariella mellea* [VAHL ex Fr.] KARST.) befallen. Die Bäume starben nesterweise in Umgebung alter Stubben des Vorbestandes ab, der sich aus 80jährigen Kiefern mit zwischenständigen 93jährigen Eichen und Buchen zusammengesetzt hatte. Die Infektionen hatten offenbar hier ihren Ausgangspunkt.

### Diskussion

Die bisherigen Daten aus der IUFRO-Versuchsserie mit insgesamt 140 Herkünften bestätigen die große intraspezifische Variation von *P. contorta* auch auf Standorten in der Bundesrepublik Deutschland. Im Verlauf der Auswertung hat sich gezeigt, daß die Untergliederung in 4 Unterarten nach CRITCHFIELD (1957) für eine erste grobe Orientierung geeignet ist. Der Heterogenität von *P. contorta* wird sie aber nicht gerecht. Das gilt vor allem für Herkünfte aus dem klimatisch, geologisch und ökologisch so vielgestaltigen Verbreitungsgebiet von *ssp. latifolia*.

Unter den gegebenen Versuchsbedingungen bestehen zwar absolute Unterschiede in der Wuchsleistung der Herkünfte zwischen verschiedenen Standorten, doch ist das Verhalten der Herkünfte insgesamt betrachtet einheitlich. Das läßt einige verallgemeinernde Schlüsse über die Wuchsleistung von *P. contorta* bis zum Alter von 8 Jahren zu. Danach stammen die bisher wüchsigsten Herkünfte aus den Küstengebieten Oregons, Washingtons und des südlichen British Columbia. Innerhalb der Rangfolge aller Herkünfte kommen die 15 besten Provenienzen aus diesem Gebiet (Tab. 1). Erst danach folgt eine Herkunft aus dem Inland (*ssp. latifolia*). Von der Wuchsleistung her ungeeignet zumindest für das Flachland Norddeutschlands und für das Mittelgebirge sind nördliche Herkünfte aus Alaska, Yukon, Alberta und dem nördlichen British Columbia sowie aus höheren Gebirgslagen Kaliforniens und Oregons. Diese Ergebnisse stimmen weitgehend mit denen der Versuchsserie von 1960/61 (STEPHAN, 1976 a) und anderer Autoren (vergl. LINES, 1976 a) überein.

Die Anbaueignung von *P. contorta* kann natürlich nicht allein nach ihrer Wuchsleistung beurteilt werden. Wichtigstes Kriterium ist vielmehr die gesamte Reaktion auf hiesige Standortbedingungen, die sich u. a. in der Mortalität infolge abiotischer und biotischer Schadfaktoren ausdrückt. Empfindlich scheint *P. contorta* vor allem auf Trockenheit nach dem Auspendeln zu reagieren. Hierauf sind die zum Teil hohen Ausfälle auf einigen Versuchsflächen zurückzuführen. Auch SKRØPPA und DIETRICHSON (1978) weisen auf dieses Problem für den *P. contorta*-Anbau hin und empfehlen sorgfältige Pflanzverfahren. Ungünstige Verhältnisse während der Anwuchsphase wirken sich auch weiterhin nachteilig auf die verbleibenden Pflanzen aus, wie der Versuch Eggebek (Ki 33) beweist und auch von SKRØPPA und DIETRICHSON (1978) beobachtet wurde. In Übereinstimmung mit diesen Autoren ergaben sich zwischen der Mortalität

und der geographischen Breite in den vorliegenden Versuchen negative Korrelationskoeffizienten. Da die Mortalitätsrate gleichzeitig mit dem Höhenwachstum schwach positiv korreliert ist, läßt sich folgern, daß die größeren Pflanzen unter der Trockenheit stärker gelitten haben und daher abstarben. Nach dem Anwachsen unter günstigen Bedingungen scheint *P. contorta* weniger empfindlich auf Trockenheit zu reagieren, wie die geringen Ausfälle der im Jahr 1972 angelegten Versuchsfläche und einer früheren Serie (STEPHAN, 1976 a) zeigen.

Neben Trockenheit können wiederholte Frostschäden die Mortalität erhöhen, wie dies auf allen Versuchsstandorten bei Herkünften der *ssp. bolanderi* der Fall ist. Trotz überdurchschnittlichen Wachstums der Küstenherkünfte ist ihre Frostempfindlichkeit ein Risikofaktor für ihren Anbau in Süddeutschland. Hierauf und auf die Gefährdung von Küstenherkünften durch Schneebruch haben bereits ROHMEDEY und MEYER (1952) in ihrer Auswertung bayerischer *P. contorta*-Provenienzversuche hingewiesen. In Norddeutschland ist der Faktor Frost offenbar von geringerer Bedeutung, wie die bisherigen Erhebungen erkennen lassen.

In nur geringem Ausmaß haben bisher pilzliche Schaderreger Pflanzenausfälle verursacht. Nur in einer Versuchsfläche (Rengsdorf, Ki 31) waren ernstere Schäden durch Hallimasch (*Armillariella mellea* [VAHL ex Fr.] KARST.) zu verzeichnen. Inwieweit die von ROLL-HANSEN (1978) aufgeführten Pilzarten auch in hiesigen *P. contorta*-Anbauten schädigend auftreten werden, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. Besondere Aufmerksamkeit muß dabei der krebserregenden Pilzart *Crumenulopsis sororia* (KARST.) GROVES gelten, die in Großbritannien große Schäden bei *P. contorta* hervorruft (HAYES, 1973) und kürzlich erstmals für die Bundesrepublik Deutschland in Schleswig-Holstein an 19jährigen *P. contorta*-Herkünften nachgewiesen wurde (STEPHAN und BUTIN, im Druck).

Wichtigster Schädling an *P. contorta* ist nach bisherigen Erfahrungen auf hiesigen Standorten der Kieferntriebwickler (*Rhyacionia buoliana*), der auch in den Nachbarländern Dänemark und Niederlande ein ernstes Problem darstellt. Der Befall ruft in erster Linie starke Deformationen hervor und beeinträchtigt das ungestörte Höhenwachstum. Allerdings sind wegen der guten Regenerationsfähigkeit bisher kaum Ausfälle durch Triebwickler-Befall festzustellen. *P. contorta* gilt allgemein als besonders anfällig für den Triebwickler. Die Ursache für zu beobachtende Befallsunterschiede zwischen *P. contorta*-Unterarten, zwischen Herkünften bzw. zwischen Individuen sind im einzelnen nicht bekannt. Ein wichtiger Resistenzfaktor ist offenbar der Harzgehalt, der aber durch klimatische und andere Umweltfaktoren beeinflusst werden kann (HARRIS, 1960; HOLST, 1963). Kiefernarten mit hoher Harzproduktion, wie etwa *P. nigra*, besitzen eine höhere Triebwickler-Resistenz. Klimatische Einflüsse wirken sich auch auf die Entwicklung der Schädlings-Population aus. Milde Winter und trockene Sommer fördern sie, während niedrige Wintertemperaturen eine erhöhte Mortalität der Larven zur Folge haben (NEUGEBAUER, 1949; HOLST, 1963; SCHWENKE, 1978). Daher tritt *Rhyacionia* beispielsweise in der Versuchsfläche Bodenwöhr (Ki 30) nur schwach auf, findet aber in Norddeutschland in den meisten Jahren günstige Bedingungen. Eine Inspektion im Herbst 1979 ergab, daß der strenge Winter 1978/79 zusammen mit dem kühlen und nassen Sommer 1979 in norddeutschen Versuchen (Curslack Ki 34, Ki 36) zu einer deutlichen Reduktion im Befall geführt hat. Nach NEF (1967) kann außerdem Düngung die Mortalität in einer Triebwickler-Po-

pulation erhöhen. Ob die Selektion resistenterer Populationen oder Individuen erfolgversprechend ist, kann im Augenblick nicht beantwortet werden.

Aufgrund der hier vorgelegten Ergebnisse bei *P. contorta*-Herkünften bis zum Alter von 8 Jahren kann zusammen mit den bereits früher veröffentlichten Resultaten an 18 jährigen Bäumen (STEPHAN, 1976 a) abschließend festgestellt werden, daß sich innerhalb des großen natürlichen Verbreitungsgebietes dieser Baumart Populationen finden lassen, die für einen Anbau in der Bundesrepublik Deutschland geeignet sind. Von entscheidender Bedeutung ist die Wahl der für einen gegebenen Standort geeigneten Herkunft.

#### Anmerkung

Den Leitern der Forstämter in Bodenwöhr, Husum, Meppen, Rengsdorf und des Institutes für Forstpflanzenzüchtung, Samenkunde und Immissionsforschung, München, sowie den Hamburger Wasserwerken sei für die Bereitstellung von Versuchsflächen und ihre Unterstützung bei der Anlage der Versuchsflächen gedankt. Desgleichen gilt der Dank allen Mitarbeitern des Institutes, die im Laufe der Jahre an der Erhebung der Meßdaten und an der Betreuung dieser Versuchsserie beteiligt waren. Besonderer Dank gilt hierbei Frau I. SCHULZE für ihre sorgfältige und interessierte Mitarbeit bei der Auswertung des Versuches.

#### Literatur

BARNER, H.: Circular Letter No. 6 (1970). — CRITCHFIELD, W. B.: Geographic variation in *Pinus contorta*. Maria Moors Cabot Foundation, Publ. No. 3. 118 p. (1957). — HARRIS, P.: Production of pine resin and its effect on survival of *Rhyacionia buoliana* (SCHIFF.). Canad. J. Zool. 38, 121—130 (1960). — HAYES, A. J.: The occurrence

of *Crumenula sororia* KARST. on lodgepole pine in the United Kingdom. Forestry 46, 125—138 (1973). — HOLST, M.: Breeding resistance in pines to *Rhyacionia* moths. World Consult. on For. Genetics and Tree Breed. Stockholm 1963. FAO/FORGEN 63—6b/3. 17 pp. (1963). — ILLINGWORTH, K.: Natural variation within lodgepole pine in British Columbia. Forestry Comm. Res. and Developm. Paper 114, 40—42 (1976). — LINES, R. (Editor): *Pinus contorta* provenance studies. Forestry Comm., Res. and Developm. Paper 114, 128 pp. (1976 a). — LINES, R.: Circular Letter No. 7 (1976 b). — NEF, L.: Comparaison de populations de *Rhyacionia buoliana* SCHIFF. en réponse a une fumure minerale. Proc. XIV. IUFRO Congress, München 1967, 5, 650—658 (1967). — NEUGEBAUER, W.: Das Problem der Indifferenz von Forstinsekten, unter besonderer Berücksichtigung der Ökologie des Kiefertriebwicklers. Verh. Deutsch. Ges. f. angew. Entomologie 2.—4. 10. 1949, 103—110 (1949). — ROHMEDEK, E. und MEYER, H.: 23jährige Anbauversuche in Bayern mit *Pinus contorta* DOUGLAS (*Pinus murayana* BALFOUR) verschiedener Herkunft. Forstwiss. Cbl. 71, 257—272 (1952). — ROLL-HANSEN, F.: Fungi dangerous at *Pinus contorta* with special reference to pathogens from North Europe. Eur. J. For. Path. 8, 1—14 (1978). — SCHWENKE, W. (Editor): Die Forstschädlinge Europas. 3. Band: Schmetterlinge. P. Parey, Hamburg und Berlin. S. 111—122 (1978). — SKRØPPA, T. and DIETRICHSON, J.: Survival and early growth of *Pinus contorta* provenances in interior eastern Norway. Medd. Norsk Inst. for Skogforskning 34, No. 3, 70—92 (1978). — STEPHAN, B. R.: Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland. I. Ergebnisse aus der Versuchsserie von 1960/61. Silvae Genetica 25, 201—209 (1976 a). — STEPHAN, B. R.: Early results of the IUFRO *Pinus contorta* provenance experiments in northern Germany. XVI. IUFRO World Congress Oslo June 1976. Discussion Paper. 12 p. (1976 b). — STEPHAN, B. R.: Results from IUFRO *Pinus contorta* provenance trials in the Federal Republic of Germany. Meeting IUFRO Working Party S2.02.06. Vancouver August 1978. Discussion Paper. 11 p. (1978). — STEPHAN, B. R. und BUTIN, H.: Krebsartige Erkrankung an *Pinus contorta*-Herkünften. Eur. J. For. Path. (im Druck).