

# Schweizerisches Landesforstinventar

Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006

Redaktion: Urs-Beat Brändli



Herausgeber

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, CH-8903 Birmensdorf  
Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern



## 2.5 Kohlenstoffvorrat

■ Im Schweizer Wald sind in der lebenden Biomasse rund 284 Mio. t Biomasse oder 142 Mio. t Kohlenstoff gespeichert.

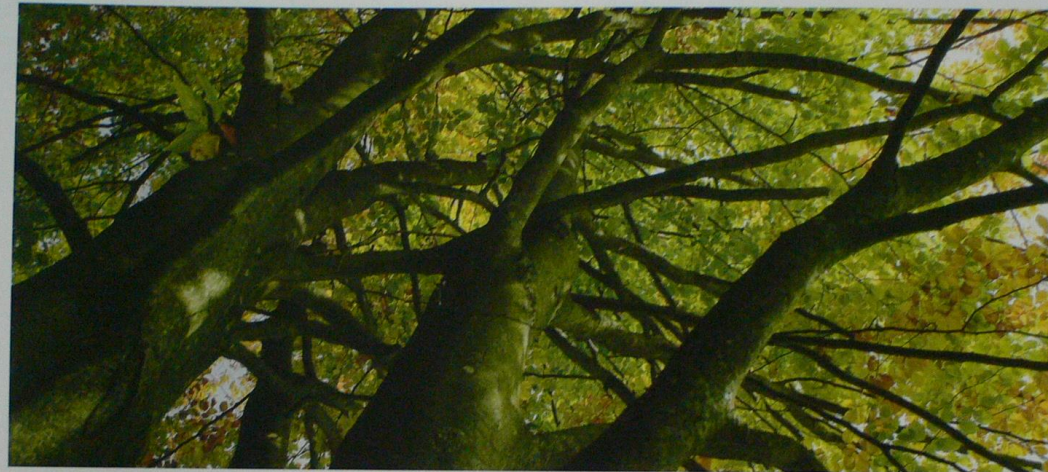
■ 77% der Biomasse sind oberirdisch in Stamm, Ästen, Reisig und Nadeln/Blättern gespeichert, 23% unterirdisch in den Wurzeln.

■ Im Totholz sind knapp 17 Mio. t Biomasse oder 8 Mio. t Kohlenstoff gespeichert.

### Biomasse der lebenden Bäume

Nebst der forstlich relevanten Vorratsgrösse «Schaftholz» hat in den letzten Jahren die Abschätzung der gesamten ober- und unterirdischen Biomasse der lebenden Bäume stark an Bedeutung gewonnen, sei es zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Bilanz für das Kyoto-Protokoll, zur Modellierung von Stoffflüssen oder zur Abschätzung der Mengen der verwertbaren Baumkomponenten.

Die **gesamte Biomasse der lebenden Bäume** setzt sich aus den Baumteilen «Wurzeln, Schaftholz, Astderbholz, Reisig und Nadeln/Blätter» zusammen. Da sich diese Baumteile nicht an jedem



Aus der geschätzten Biomasse von lebenden und toten Bäumen lässt sich direkt die gespeicherte Menge Kohlendioxid berechnen.

einzelnen Baum messen lassen, werden sie mittels **allometrischer Funktionen** aus dem bei allen Bäumen gemessenen BHD für den Einzelbaum geschätzt (Schaftholz, Astderbholz, Reisig: Kaufmann 2001; Nadeln, Blätter: Perruchoud *et al.* 1999; Wurzeln: Wirth *et al.* 2004, Wutzler *et al.* 2008) und wenn nötig durch Multiplikation mit spezifischen Baumdichten in «Massen» umgerechnet (Assmann 1961). Obwohl anhand von neuester Literatur berechnet, weisen die Wurzeln aufgrund der geringen Datengrundlage die grössten Unsicherheiten

auf. Die Verwendung neuester Wurzelfunktionen (Wirth *et al.* 2004, Wutzler *et al.* 2008) erklärt den Unterschied zu früheren Berechnungen (Thürig und Schmid 2008). Da Biomasse zu ungefähr 50% aus Kohlenstoff besteht, lässt sie sich direkt in Kohlenstoff umrechnen (IPCC 2003). Kohlenstoff multipliziert mit 3,67 ergibt dann CO<sub>2</sub>. Dieser Umrechnungsfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen den molekularen Massen von Kohlenstoff und CO<sub>2</sub>.

Die Biomasse aller lebenden Bäume beläuft sich im LF13 auf 284 Mio. t, wo-

von 65 Mio. t oder 23% unterirdisch in den Baumwurzeln gespeichert sind und 219 Mio. t oder 77% oberirdisch im Schaftholz, dem Astderbholz, dem Reisig und den Blättern (Tab. 093). Die gesamte lebende Baumbiomasse speichert rund 142 Mio. t Kohlenstoff oder rund 521 Mio. t CO<sub>2</sub>. Der prozentuale Fehler in Tabelle 093 bezieht sich nur auf den Stichprobenfehler der BHD-Messungen, nicht aber auf Modellfehler in der Biomassenberechnung.

Aus dem oben berechneten Biomassevorrat aller lebenden Bäume lassen



sich sogenannte Biomasse-Expansionsfaktoren (BEF) herleiten, mit welchen sich die Schaftholzmasse leicht in verschiedene Biomassen umrechnen lässt, so mit den  $BEF_{\text{OBIO}}$  aus Tabelle 094 in die oberirdische Biomasse (Gleichung 1). Aus der oberirdischen Biomasse und dem **Wurzel-Spross-Verhältnis** in Ta-

belle 095 kann die Wurzelmasse abgeschätzt werden (Gleichung 2). Mit den **BEF** in Tabelle 096, welche sich aus dem Verhältnis von Schaftholzmasse zur gesamten lebenden Biomasse berechnen, lässt sich Schaftholzmasse direkt in die gesamte lebende Biomasse umrechnen (Gleichung 3).

- (1) Schaftholzmasse \*  $BEF_{\text{OBIO}}$  = Oberirdische Biomasse
- (2) Oberirdische Biomasse \* Wurzel-Spross-Verhältnis = Wurzelmasse
- (3) Schaftholzmasse \* BEF = Lebende Biomasse

### 093 Biomasse lebender Bäume nach Baumkomponenten, Nadel- und Laubholz

in Mio. t pro Produktionsregion

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

|   |              | Jura         |          | Mittelland   |          | Voralpen     |          | Alpen        |          | Alpensüdseite |           | Schweiz       |          |
|---|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|---------------|----------|
|   |              | Mio. t       | ± %      | Mio. t       | ± %      | Mio. t       | ± %      | Mio. t       | ± %      | Mio. t        | ± %       | Mio. t        | ± %      |
| Wurzelmasse                             | Nadelholz    | 6,54         | 4        | 7,45         | 3        | 11,75        | 3        | 17,82        | 2        | 3,69          | 6         | 47,24         | 1        |
|   | Laubholz     | 4,31         | 3        | 4,85         | 3        | 2,87         | 5        | 2,42         | 6        | 3,28          | 7         | 17,74         | 2        |
|   | <b>Total</b> | <b>10,85</b> | <b>2</b> | <b>12,30</b> | <b>2</b> | <b>14,62</b> | <b>2</b> | <b>20,24</b> | <b>2</b> | <b>6,97</b>   | <b>4</b>  | <b>64,98</b>  | <b>1</b> |
| Schaftholzmasse (inkl. Rinde und Stock) | Nadelholz    | 15,47        | 3        | 19,76        | 3        | 28,09        | 3        | 38,35        | 2        | 7,15          | 6         | 108,81        | 1        |
|   | Laubholz     | 18,62        | 3        | 22,18        | 3        | 12,32        | 5        | 8,48         | 6        | 9,04          | 5         | 70,64         | 2        |
|   | <b>Total</b> | <b>34,09</b> | <b>2</b> | <b>41,94</b> | <b>2</b> | <b>40,41</b> | <b>2</b> | <b>46,83</b> | <b>2</b> | <b>16,18</b>  | <b>3</b>  | <b>179,45</b> | <b>1</b> |
| Astderholzmasse                         | Nadelholz    | 0,04         | 7        | 0,05         | 8        | 0,05         | 10       | 0,07         | 5        | 0,02          | 18        | 0,23          | 4        |
|   | Laubholz     | 1,73         | 5        | 4,71         | 5        | 1,27         | 7        | 0,98         | 9        | 1,26          | 19        | 9,94          | 4        |
|   | <b>Total</b> | <b>1,76</b>  | <b>5</b> | <b>4,76</b>  | <b>5</b> | <b>1,32</b>  | <b>7</b> | <b>1,05</b>  | <b>9</b> | <b>1,28</b>   | <b>19</b> | <b>10,17</b>  | <b>4</b> |
| Reisigmasse                             | Nadelholz    | 2,30         | 3        | 2,70         | 3        | 4,27         | 3        | 4,94         | 2        | 0,89          | 6         | 15,09         | 1        |
|   | Laubholz     | 1,77         | 3        | 1,92         | 3        | 0,96         | 5        | 0,58         | 5        | 0,73          | 5         | 5,96          | 2        |
|   | <b>Total</b> | <b>4,07</b>  | <b>2</b> | <b>4,62</b>  | <b>2</b> | <b>5,22</b>  | <b>2</b> | <b>5,52</b>  | <b>2</b> | <b>1,62</b>   | <b>3</b>  | <b>21,05</b>  | <b>1</b> |
| Nadel- und Blattmasse                   | Nadelholz    | 1,01         | 3        | 1,13         | 3        | 1,75         | 3        | 2,56         | 2        | 0,52          | 5         | 6,97          | 1        |
|   | Laubholz     | 0,33         | 3        | 0,37         | 3        | 0,22         | 5        | 0,19         | 6        | 0,27          | 10        | 1,38          | 3        |
|   | <b>Total</b> | <b>1,34</b>  | <b>2</b> | <b>1,50</b>  | <b>2</b> | <b>1,97</b>  | <b>2</b> | <b>2,75</b>  | <b>2</b> | <b>0,79</b>   | <b>5</b>  | <b>8,35</b>   | <b>1</b> |
| Gesamte Baum-Biomasse                   | Nadelholz    | 25,35        | 3        | 31,10        | 3        | 45,90        | 3        | 63,74        | 2        | 12,25         | 6         | 178,33        | 1        |
|   | Laubholz     | 26,75        | 3        | 34,03        | 4        | 17,65        | 5        | 12,65        | 6        | 14,58         | 6         | 105,66        | 2        |
|   | <b>Total</b> | <b>52,11</b> | <b>2</b> | <b>65,12</b> | <b>2</b> | <b>63,55</b> | <b>2</b> | <b>76,38</b> | <b>2</b> | <b>26,84</b>  | <b>4</b>  | <b>283,99</b> | <b>1</b> |



**094 Biomasse-Expansionsfaktor oberirdische Biomasse (BEF<sub>0810</sub>) für lebende Bäume nach Höhenlage, Nadel- und Laubholz**

pro Produktionsregion

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

| m ü. M.   |               | Jura        | Mittelland  | Voralpen    | Alpen       | Alpensüdseite | Schweiz     |
|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| über 1200 | Nadelholz     | 1,25        | 1,31        | 1,24        | 1,20        | 1,21          | 1,21        |
|           | Laubholz      | 1,21        | 1,20        | 1,21        | 1,20        | 1,20          | 1,20        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>1,24</b> | <b>1,29</b> | <b>1,24</b> | <b>1,20</b> | <b>1,20</b>   | <b>1,21</b> |
| 601–1200  | Nadelholz     | 1,22        | 1,20        | 1,20        | 1,18        | 1,16          | 1,20        |
|           | Laubholz      | 1,20        | 1,32        | 1,19        | 1,20        | 1,29          | 1,23        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>1,21</b> | <b>1,26</b> | <b>1,20</b> | <b>1,19</b> | <b>1,27</b>   | <b>1,22</b> |
| bis 600   | Nadelholz     | 1,19        | 1,19        | 1,19        | 1,20        | 1,20          | 1,19        |
|           | Laubholz      | 1,22        | 1,31        | 1,23        | 1,25        | 1,20          | 1,27        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>1,21</b> | <b>1,26</b> | <b>1,22</b> | <b>1,24</b> | <b>1,20</b>   | <b>1,24</b> |
| Gesamt    | Nadelholz     | 1,22        | 1,20        | 1,22        | 1,20        | 1,20          | 1,20        |
|           | Laubholz      | 1,21        | 1,32        | 1,20        | 1,21        | 1,25          | 1,24        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>1,21</b> | <b>1,26</b> | <b>1,21</b> | <b>1,20</b> | <b>1,23</b>   | <b>1,22</b> |

**095 Wurzel-Spross-Verhältnis für lebende Bäume nach Höhenlage, Nadel- und Laubholz**

pro Produktionsregion

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

| m ü. M.   |               | Jura        | Mittelland  | Voralpen    | Alpen       | Alpensüdseite | Schweiz     |
|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| über 1200 | Nadelholz     | 0,39        | 0,44        | 0,38        | 0,40        | 0,43          | 0,40        |
|           | Laubholz      | 0,23        | 0,23        | 0,24        | 0,28        | 0,27          | 0,26        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>0,35</b> | <b>0,40</b> | <b>0,37</b> | <b>0,40</b> | <b>0,40</b>   | <b>0,39</b> |
| 601–1200  | Nadelholz     | 0,35        | 0,32        | 0,33        | 0,35        | 0,41          | 0,34        |
|           | Laubholz      | 0,19        | 0,17        | 0,19        | 0,23        | 0,30          | 0,21        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>0,27</b> | <b>0,24</b> | <b>0,28</b> | <b>0,30</b> | <b>0,32</b>   | <b>0,27</b> |
| bis 600   | Nadelholz     | 0,31        | 0,31        | 0,31        | 0,32        | 0,45          | 0,31        |
|           | Laubholz      | 0,19        | 0,17        | 0,19        | 0,23        | 0,27          | 0,18        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>0,22</b> | <b>0,22</b> | <b>0,23</b> | <b>0,25</b> | <b>0,28</b>   | <b>0,23</b> |
| Gesamt    | Nadelholz     | 0,35        | 0,31        | 0,34        | 0,39        | 0,43          | 0,36        |
|           | Laubholz      | 0,19        | 0,17        | 0,19        | 0,24        | 0,29          | 0,20        |
|           | <b>Gesamt</b> | <b>0,26</b> | <b>0,23</b> | <b>0,30</b> | <b>0,36</b> | <b>0,35</b>   | <b>0,30</b> |

**Biomasse im Totholz**

Wie bei den lebenden Bäumen wurde auch bei den toten Bäumen ab der Kluppschwelle von 12 cm der BHD gemessen. Anhand des BHD wird die Biomasse der toten Baumteile «Schaftholzmasse und Wurzeln» analog zu den lebenden Bäumen für den einzelnen toten Baum geschätzt und aufsummiert. Je nach Zerfallsgrad der toten Bäume wurde auch Astderbholz mit einbezogen. In der Schweiz enthalten die stehenden toten Bäume knapp 7 Mio. t Biomasse, die liegenden toten Bäume knapp 6 Mio. t (Tab. 097). Zusammen entspricht dies gut 12 Mio. t Biomasse. Bei einem angenommenen Kohlenstoffgehalt von 50% entspricht dies gut 6 Mio. t Kohlenstoff oder knapp 23 Mio. t CO<sub>2</sub>, welches in Totholz eingelagert ist.

Im LF3 wurde erstmals auch die Biomasse von Totholz erfasst, welches am Boden liegt, keinem LFI-Probebaum zugeordnet werden kann und einen Mindestdurchmesser von 7 cm aufweist (LIS-Totholz). Dieses Totholz wurde mittels einer eigenen Stichproben-Methode erhoben (Line-Intersect-Sampling, Böhl und Brändli 2006). Dabei wurde das liegende Totholz erfasst, welches mindestens eine von drei durch die Probefläche gelegten Linien durchschneidet. Gemes-

**096 Biomasse-Expansionsfaktor (BEF) für lebende Bäume nach Höhenlage, Nadel- und Laubholz**

pro Produktionsregion

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

| m ü. M.       |               | Jura        | Mittelland  | Voralpen    | Alpen       | Alpensüdseite | Schweiz     |
|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| über 1200 m   | Nadelholz     | 1,74        | 1,88        | 1,71        | 1,68        | 1,73          | 1,70        |
|               | Laubholz      | 1,49        | 1,48        | 1,50        | 1,53        | 1,52          | 1,51        |
|               | <b>Gesamt</b> | <b>1,67</b> | <b>1,80</b> | <b>1,69</b> | <b>1,68</b> | <b>1,68</b>   | <b>1,68</b> |
| 601–1200      | Nadelholz     | 1,64        | 1,58        | 1,59        | 1,60        | 1,64          | 1,60        |
|               | Laubholz      | 1,43        | 1,54        | 1,42        | 1,48        | 1,68          | 1,49        |
|               | <b>Gesamt</b> | <b>1,53</b> | <b>1,56</b> | <b>1,53</b> | <b>1,55</b> | <b>1,67</b>   | <b>1,55</b> |
| bis 600 m     | Nadelholz     | 1,55        | 1,56        | 1,56        | 1,58        | 1,74          | 1,56        |
|               | Laubholz      | 1,45        | 1,53        | 1,47        | 1,53        | 1,53          | 1,51        |
|               | <b>Gesamt</b> | <b>1,48</b> | <b>1,54</b> | <b>1,50</b> | <b>1,54</b> | <b>1,54</b>   | <b>1,53</b> |
| <b>Gesamt</b> | Nadelholz     | 1,64        | 1,57        | 1,63        | 1,66        | 1,71          | 1,64        |
|               | Laubholz      | 1,44        | 1,53        | 1,43        | 1,49        | 1,61          | 1,50        |
|               | <b>Gesamt</b> | <b>1,53</b> | <b>1,55</b> | <b>1,57</b> | <b>1,63</b> | <b>1,66</b>   | <b>1,58</b> |

**097 Biomassevorrat im Totholz nach Erhebungsmethode LF3**

in Mio. t pro Produktionsregion

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

|                                   | Jura        |          | Mittelland  |          | Voralpen    |          | Alpen       |          | Alpensüdseite |          | Schweiz      |          |
|-----------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|---------------|----------|--------------|----------|
|                                   | Mio. t      | ± %      | Mio. t      | ± %      | Mio. t      | ± %      | Mio. t      | ± %      | Mio. t        | ± %      | Mio. t       | ± %      |
| Biomasse in stehenden Probebäumen | 0,78        | 9        | 0,96        | 11       | 1,75        | 9        | 2,24        | 6        | 1,07          | 9        | 6,79         | 4        |
| Biomasse in liegenden Probebäumen | 0,35        | 14       | 0,52        | 13       | 1,47        | 10       | 2,65        | 6        | 0,65          | 11       | 5,64         | 4        |
| Biomasse im LIS-Totholz           | 1,18        | 9        | 0,94        | 10       | 0,95        | 13       | 0,83        | 11       | 0,19          | 22       | 4,08         | 5        |
| <b>Total</b>                      | <b>2,30</b> | <b>6</b> | <b>2,42</b> | <b>7</b> | <b>4,17</b> | <b>6</b> | <b>5,72</b> | <b>5</b> | <b>1,91</b>   | <b>7</b> | <b>16,51</b> | <b>3</b> |

Zu beachten: Die BEF sind ohne Holzdichte, CO<sub>2</sub>/C, CF.