



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Waldentwicklung und Biomassenveränderung in Neustift
im Stubaital in Tirol seit 1834

Verfasserin

Monika Patek

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 444

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Ökologie

Betreuer: Ass.-Prof. Mag. Dr. Karl Reiter

*„Die Suche nach den erforderlichen
Unterlagen stieß uns, wie andere Autoren
vor uns, in dichte Finsternis.“*

(Kramer und Krüger 1981, p. 33)

Inhalt

INHALT	5
ABSTRAKT	7
1.1 EINLEITUNG	9
1.2 GEBIETSBESCHREIBUNG	13
GEMEINDE NEUSTIFT IM STUBAITAL	13
WALDENTWICKLUNG IN NEUSTIFT IM STUBAITAL	14
2 METHODIK	17
2.1 KARTENGRUNDLAGEN	20
2.1.1 Karte 1834 – Waldfläche und Holzvorrat im Stubaital	20
2.1.2 Karte 1861 – Kulturen-Skelett-Karte zum Franziszeischen Kataster	22
2.1.3 Verwendung von Waldwirtschaftsplänen für den Gemeindewald Neustift	23
2.1.3.1 Karte 1947 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 1948 – 1967 des Gemeindewaldes Neustift	24
2.1.3.2 Karte 1976 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 1978 – 1997 des Agrargemeinschaftswaldes Neustift	26
2.1.3.3 Karte 2000 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 2001 – 2020 der Agrargemeinschaft Neustift im Stubaital	29
2.2 ALTERSANGABEN IN DEN KARTEN 1947, 1976 UND 2000	31
2.3 BIOMASSEWERTE DER KARTENGRUNDLAGEN 1834, 1947, 1976 UND 2000	33
2.3.1 Das Holzvolumen als Grundlage für die Biomasseberechnung	34
2.3.2 Umrechnung von Holzvolumen in Gesamtbaumbiomasse	36
2.3.3 Ergänzung fehlender Biomassewerte	40
2.4 ERGÄNZUNG FEHLENDER WALDFLÄCHEN UND DEREN BIOMASSEWERTE 1947, 1976 UND 2000	42
2.4.1 Ausweitung auf die Gesamtwaldfläche	42
2.4.2 Biomassewerte außerhalb der Waldwirtschaftsplanflächen	44
2.5 BAUMBIOMASSE 1861	45
2.6 KOHLENSTOFFVORRÄTE	45
3 ERGEBNISSE	47
3.1 ALTER DER BESTÄNDE	47
3.2 GESAMTBAUMBIOMASSE DER BESTÄNDE	50
3.3 KOHLENSTOFF DER BESTÄNDE	59
4 DISKUSSION	61
4.1 ALTER DER BESTÄNDE	61
4.2 HOCHRECHNUNG VON BIOMASSE UND KOHLENSTOFF	63
4.3 GESAMTBAUMBIOMASSE DER BESTÄNDE	65
4.4 KOHLENSTOFF DER BESTÄNDE	70
5 LITERATUR	71
6 ANHANG	79
6.1 DEFINITION DER BESTANDESKLASSEN	79
6.2 ERGEBNISKARTEN	80
6.3.1 ZUSAMMENFASSUNG	87
6.3.2 SUMMARY	89
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	91
TABELLENVERZEICHNIS	93
DANKSAGUNG	95
LEBENS LAUF	96

Abstrakt

Wälder stellen einen bedeutenden Anteil der weltweiten Landbedeckung, und einen wichtigen Pool im weltweiten Kohlenstoffkreislauf dar. Ausdehnung, Funktion und Nutzung von Wäldern haben sich in der Vergangenheit verändert. Da im Kyoto-Protokoll bestimmte Waldveränderungen berücksichtigt werden können, gab und gibt es derzeit sehr viele Bemühungen, den Kohlenstoffvorrat der Waldflächen möglichst genau zu quantifizieren. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Veränderungen im Wald von Neustift im Stubaital (Tirol, Österreich) von 1834 bis 2000 zu erfassen. Die Altersverteilung, Baumbiomasse und deren Kohlenstoffgehalt wurden unter Verwendung von Waldinventurdaten untersucht. Die verfügbaren Holzvorratswerte wurden mittels „stock change method“ auf die Baumbiomasse des Waldes und deren Kohlenstoffvorrat hochgerechnet. Fehlende Werte wurden ergänzt. Die untersuchten Waldflächen im hinteren Stubaital wurden von 1947 bis 1976 durchschnittlich etwas jünger, die untersuchten Ertragswaldflächen von 1976 bis 2000 dagegen durchschnittlich älter. Grund für die leichte Verjüngung von 1947 bis 1976 war möglicherweise eine übermäßige Holzschlägerung aufgrund des großen Brennholzbedarfs nach dem Krieg. Die Alterszunahme der untersuchten Ertragswaldflächen von 1976 bis 2000 liegt vermutlich an einer geänderten Waldnutzung. Vermutlich wurde um 1976 deutlich weniger geschlägert als davor, außerdem ging die Waldweide stark zurück und es wurde besonders auf die Schutzfunktion des Waldes geachtet. Die Baumbiomasse des Waldes und der darin gespeicherte Kohlenstoff nahmen in Neustift im Stubaital von 1834 bis 2000 stark zu, sowohl insgesamt (1834: 92 000 t C; 2000: 632 000 t C) als auch am Hektar (1834: 31,0 t C ha⁻¹; 2000: 97,2 t C ha⁻¹). Dabei war der Anstieg nach 1947 deutlich größer als davor, zwischen 1976 und 2000 stieg der in der Biomasse gespeicherte Kohlenstoffvorrat um 1,2 t C ha⁻¹ Jahr⁻¹. Ein Grund für diesen Anstieg war die Zunahme der Waldfläche. Daneben spielte besonders die geänderte Waldnutzung eine wichtige Rolle: Während die Wälder früher stark übernutzt wurden, zu viel Holz und zusätzlich Streu entnommen, die Wälder beweidet und weitere Schäden durch den Abtransport des Holzes aus dem Wald verursacht wurden, wurde diese Missnutzung des Waldes nach und nach aufgelassen und stattdessen eine nachhaltige Wirtschaftsweise unter Beachtung der Schutzfunktion des Waldes eingeführt. Darüber hinaus dürften auch Stickstoffdepositionen und längere Vegetationsperioden aufgrund des Klimawandels zur Erhöhung des Kohlenstoffvorrats in der Baumbiomasse beigetragen haben.

1.1 Einleitung

Wälder stellen einen bedeutenden Anteil der weltweiten Landbedeckung (ca. 30 %, FAO und JRC 2012), und einen wichtigen Pool im weltweiten Kohlenstoffkreislauf dar (Houghton 1999). Weltweit hat sich die als Wald genutzte Landfläche zwischen 1990 und 2005 um 1,7 % verringert, am größten war dabei der Rückgang der Waldfläche in den Tropen (FAO und JRC 2012). In Europa dagegen hat die Waldfläche von 1950 bis 2000 zugenommen: in Westeuropa um fast 30 %, in den übrigen Regionen zwischen 5 und 20 %. Seit den 1970er Jahren gibt es allerdings nur mehr in Westeuropa einen starken Anstieg der Waldfläche. In ganz Europa wurden unter anderem landwirtschaftliche Flächen aufgegeben. Darauf entstanden im Laufe der Zeit Wälder, entweder durch natürliches Wachstum oder durch Aufforstung. Ein Grund dafür war unter anderem die Intensivierung der Landwirtschaft (Gold 2003). Bis dahin mechanisch unter Einsatz menschlicher körperlicher Arbeit durchgeführte Arbeiten wurden durch den Einsatz von Maschinen ersetzt, was es erlaubte, Arbeiten einfacher, schneller und damit zeiteffizienter durchzuführen. Auf landwirtschaftlichen Flächen, wo eine solche effiziente Bewirtschaftung nicht möglich war, entstand zum Beispiel in Tirol im Laufe der Zeit Wald (Siegl und Schermer 2012).

Diese Zunahmen der Waldflächen sind zum Teil gut untersucht und dokumentiert (zB. Gold 2003, Tappeiner et al. 2008b). Interessant ist aber nicht nur die Ausdehnung des Waldes, sondern auch, wie sich die Verhältnisse innerhalb des Waldes in den letzten 100 bis 200 Jahren aufgrund von anthropogenen Nutzungsänderungen verändert haben.

Die Rolle des Waldes selbst hat sich seit dem 19. Jahrhundert verändert. Bis ins 20. Jahrhundert diente der Wald als Energielieferant. Er stellte Brenn-, Bau- und Nutzholz, Streu, zum Teil Heu, sowie Weidefläche, weiters Nahrungsmittel zur Verfügung. Weiters diente er als Schutzwald, und als Rücklage der Bauern in schlechten Zeiten. Heute spielen unter anderem die Schutz- und die Erholungsfunktion des Waldes eine wichtige Rolle (Von Guttenberg 1834, Siegl und Schermer 2012). Dies gilt auch für die Gemeinde Neustift im Stubaital in Tirol, wo Lawinen, Muren und Überschwemmungen in der Vergangenheit große Schäden anrichteten, und wo Schutzwälder daher eine wichtige Rolle spielen (Gassebner 1986). Früher wurden die Wälder oft stark übernutzt, zu viel Holz und auch Streu entnommen, und die natürliche Verjüngung durch die Beweidung vieler Waldflächen stark behindert (Von Guttenberg 1834). Heute wird auf den genutzten Waldflächen nachhaltig gewirtschaftet. Wald und Weide sind getrennt, was unter anderem zu einer Verdichtung der Wälder beigetragen hat (Siegl und Schermer 2012).

In den letzten 150 Jahren hat die Konzentration von Kohlendioxid, dem wichtigsten Treibhausgas, in der Atmosphäre durch menschlichen Einfluss um über 28 % zugenommen. Gründe dafür sind primär die Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie Landnutzungsänderungen (IPCC 2000, Lindner und Karjalainen 2007). Im Zuge der globalen Erwärmung ist die Temperatur auf Landflächen weltweit von 1901 bis 2000 im Durchschnitt um 0,7° C, im Alpenraum sogar deutlich stärker angestiegen (Jones und Moberg 2003, Brunetti et al. 2009), und wird in Zukunft noch weiter ansteigen (Stott und Kettleborough 2002). Die Klimaerwärmung hat auch Einfluss auf den Wald, etwa durch längere Vegetationszeiten infolge höherer Temperaturen (Nabuurs et al. 2002, Rosenzweig et al. 2007). Um den Klimawandel und dessen Auswirkungen so weit als möglich einzudämmen, wurde das Kyoto-Protokoll ins Leben gerufen. In diesem haben sich diverse Länder verpflichtet, ihre Emissionen zu verringern. Dabei dauerte die erste Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012, die zweite dauert von 2013 bis 2020 (UNFCCC 2012).

Wälder können Kohlenstoffsinken sein (Pan et al. 2011). Im Kyoto-Protokoll können Zu- und Abnahmen der Waldfläche seit 1990, die direkt durch menschliche Aktivitäten entstanden sind, berücksichtigt werden. Bestimmt werden bei diesen Veränderungen der Waldflächen die Veränderungen des gespeicherten Kohlenstoffs (United Nations 1998). Daher gab und gibt es derzeit sehr viele Bemühungen, den Kohlenstoffvorrat der Waldflächen möglichst genau zu quantifizieren (zB. Weiss et al. 2000). Für Waldflächen mit anthropogenen Eingriffen, die schon länger bestockt sind, gibt es zwei Möglichkeiten, um Kohlenstoffvorratsveränderungen in der ober- und unterirdischen Biomasse zu quantifizieren: Bei der Standardmethode wird jeweils die Differenz zwischen Biomassezuwachs und Biomasseverlusten berechnet. Bei der sogenannten „stock change method“ dagegen wird jeweils vom Holzvolumen ausgehend mit Hilfe von Umrechnungs- und Hochrechnungsfaktoren auf den Kohlenstoffvorrat in der Biomasse hochgerechnet (IPCC 2003). Dieser zweite Ansatz wurde in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Tappeiner et al. (2008b) zeigten bereits Landnutzungsveränderungen im Stubaital von 1865 bis 2003 auf und gingen dabei auch auf die Veränderungen des in der pflanzlichen Biomasse im Stubaital gespeicherten Kohlenstoffvorrats ein. Allerdings standen ihnen für die Waldflächen im Stubaital keine Biomassewerte zur Verfügung, sodass Literaturrecherchen nicht verhindert werden konnten. Darauf aufbauend versuchte nun die vorliegende Arbeit diese Lücke durch die Berechnung entsprechender Werte zu schließen. Für einen großen Teil der Waldflächen in Neustift im Stubaital standen Waldinventurdaten von 1834, 1947, 1976 und 2000 (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) zur Verfügung, diese Daten wurden vergleichend ausgewertet.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die in Tappeiner et al. (2008b) getroffenen Annahmen zu verbessern und mit Hilfe der vorliegenden Grundlagendaten Veränderungen im Wald in der Gemeinde Neustift im Stubaital von 1834 bis 2000 aufzuzeigen. Untersucht wurden

- die Veränderung der Altersstruktur anhand der flächenmäßigen Verteilung der Bestandesklassen
- die Veränderung der Baumbiomasse auf der gesamten Waldfläche bzw. innerhalb der Waldfläche als Indikator für den Zustand des Waldes
- die Veränderung der Kohlenstoffvorratswerte in der Baumbiomasse, als Vergleichswerte zu anderen Studien der Kohlenstoffvorräte der Wälder im Zusammenhang mit dem Kyoto-Protokoll (United Nations 1998).

1.2 Gebietsbeschreibung

Gemeinde Neustift im Stubaital

Das Untersuchungsgebiet der Arbeit war das Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital in Tirol, Österreich (Abb. 1). Das Stubaital zweigt vom Wipptal, das im Süden von Innsbruck liegt, ab, und verläuft nach Südwesten in die Stubaier Alpen (Landesforstdirektion Tirol 2004, Tasser und Tappeiner 2008). Neustift ist die größte und innerste Gemeinde im Stubaital. Sie hat eine Fläche von 249 km², und ist damit die drittgrößte Gemeinde in Tirol sowie eine der größten von Österreich (Gassebner 1986, Tasser et al. 2012a). Im Stubaital spielt Tourismus eine wichtige Rolle. Die Einwohnerzahl von Neustift im Stubaital hat sich seit dem 19. Jahrhundert mehr als verdreifacht, und betrug 2011 4510 Einwohner (Tasser et al. 2012a).

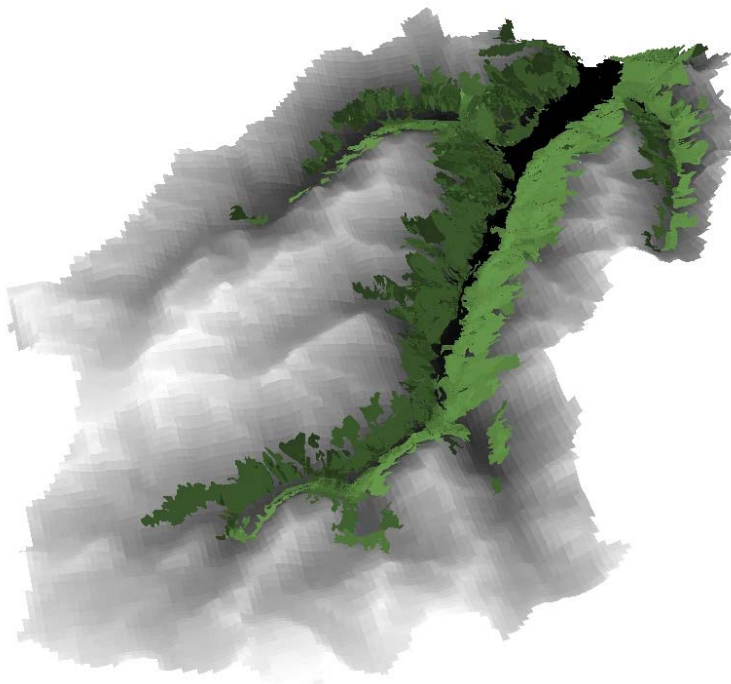


Abb. 1: Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital in dreidimensionaler Ansicht, in schwarz-weiß das Relief entsprechend dem Höhenmodell (Jarvis et al. 2008), in grün die Ausdehnung des Waldes um das Jahr 2000 (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004).

Das Stubaital liegt im zentralalpinen Raum. Das Klima im Stubaital ist gemäßigt kontinental mit inneralpiner Ausprägung (Tasser und Tappeiner 2008). Der durchschnittliche Jahresniederschlag im Stubaital beträgt 800mm am Talboden, 1500 mm an der Waldgrenze. Am meis-

ten Niederschlag fällt im Sommer. In dieser Zeit gibt es häufig schwere Gewitter, teils mit Hagel. Südstaulagen sind meist für längere Regenfälle verantwortlich. Laut Klimastation Mutterbergalm beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur 3° C. Der durchschnittlich wärmste Monat ist der Juli. In 2000 m Höhe umfasst die Vegetationszeit den Zeitraum von Mai bis Oktober (Landesforstdirektion Tirol 2004).

Geologisch unterscheidet man zwei Decken: Die untere ist die Öztaler Masse (Silikat), die obere ab etwa 2000 m Höhe das Brennermesozoikum (Dolomit / Kalk). Im Übergangsbereich findet man immer wieder Quellen. Über beiden Decken liegen teilweise quartäre Moränenablagerungen. In den tiefer gelegenen Waldgebieten findet man Hangbraunerden mit Moderhumus. Weiter oben gibt es außerdem podsolierte Braunerden sowie Podsole. Lärchwiesen stocken auf Braunerden bis podsolierten Braunerden. Meist ist Moderhumus vorhanden, manchmal Rohhumus (Landesforstdirektion Tirol 2004).

Das Stubaital besitzt steile Talflanken, auf denen Wald, zerschnitten von Gräben, Bächen sowie Lawenstrichen, vorhanden ist. Über den Waldflächen gibt es in vielen Fällen Almflächen. Diese sind teilweise weniger steil (Landesforstdirektion Tirol 2004). Größere geschlossene Waldgebiete gibt es vor allem im äußeren Bereich von Neustift, Richtung Talschluss nehmen die Lawingassen zu. Im Wald herrscht Fichte vor (85 % im Agrargemeinschaftswald), daneben kommen auch Lärchen (9 %) und Zirben (4 %), sowie in höhergelegenen Bereichen teilweise Latschen vor. Daneben gibt es auch Lärchwiesen sowie Grünerlengebüsche (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004). Hohe Schneemengen führen häufig zu Bruchschäden im Wald, daneben spielen Lawinen in Neustift im Stubaital eine besondere Rolle. Auch Windwurfschäden kommen vor, vor allem bei Fichten. An steilen Hängen mit Geröll gibt es lokal starke Stammschäden durch Steinschlag. Schäden durch das Wild spielen nur kleinräumig eine Rolle (Landesforstdirektion Tirol 2004). Im Stubaital hat auf den landwirtschaftlich genutzten Hang- sowie auf den Almflächen der Wald seit 1860 deutlich zugenommen (Tasser et al. 2012a).

Waldentwicklung in Neustift im Stubaital

Starke Landschaftsveränderungen gab es im Stubaital ab dem 6. Jahrhundert, als die Bajuwaren das Tal besiedelten. Für die Landwirtschaft brauchten sie mehr landwirtschaftliche Flächen, als schon zu dieser Zeit vorhanden waren. Daher wurden immer neue Flächen erschlossen, der Wald ging zurück. Etwa am Ende des 13. Jahrhunderts wurden alle nutzbaren Flächen verwendet, auch in höhergelegenen und abgelegenen Lagen. Danach wurden,

da die Einwohnerzahl weiter zunahm, Flächen intensiver bewirtschaftet. Feuchtstandorte wurden trockengelegt. Bereits im 15. Jahrhundert spielte im Stubaital auch der Bergbau eine Rolle. Silber-, Kupfer- und Bleierze wurden abgebaut und im Tal weiterverarbeitet (Tasser und Tappeiner 2008). Schon im 15. Jahrhundert gab es in Fulpmes, das an die Gemeinde Neustift angrenzt, eine Eisenschmelze (Gasser 1973, Gassebner 1986). Schmieden entstanden, in denen zunächst das Eisen aus dem Stubaital, später importiertes Metall verarbeitet wurde (Gasser 1973). Für den Bergbau und die Verarbeitung wurde viel Holz benötigt (Johann 1994), das die Bauern des Stubaitals in Holzkohle umwandelten. Die Wälder wurden daher stärker genutzt als zuvor, und verloren an Dichte (Tasser und Tappeiner 2008). Zumindest ab dem 13. Jahrhundert wurde in Hall in Tirol Salzbergbau betrieben. Dafür wurde ebenfalls sehr viel Holz benötigt. Dieses kam zunächst aus den nahegelegenen Waldflächen, sehr bald schon aber wurde es aus den verschiedensten Tälern, unter anderem auch aus dem Stubaital, zugebracht (Günther 1972).

Zumindest ab dem 17. Jahrhundert waren alle Wälder im Stubaital in landesfürstlichem Besitz. Die Einwohner durften jedoch das von ihnen benötigte Brenn-, Back- und Bauholz aus bestimmten, vorgegebenen Waldflächen nutzen. Die restlichen Waldflächen wurden verwendet, um etwa Holz für die Saline, für die Schmiede in Fulpmes bzw. für Innsbruck (Deputatholz) zu schlagen. Der kk. Förster Von Guttenberg hob allerdings schon 1834 hervor, dass der Holzvorrat im Stubaital zwar für die Einwohner sowie die „Feuerarbeiter“ ausreicht, allerdings nicht, um zusätzlich Holz nach Innsbruck oder Hall abzugeben, wenn die Wälder in ihrem derzeitigen Zustand erhalten werden sollen (Von Guttenberg 1834).

In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Großteil des Neustifter Waldes an die Gemeinde Neustift übergeben, und bildete noch 1948 den Gemeinschaftswald Neustift. Dieser war 1948 im Besitz der Gemeinde, das Holz wurde an die Einwohner der Gemeinde Neustift abgegeben (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). 1969 wurden Teilflächen der Agrargemeinschaft Neustift, auf denen die Hof- und Alpbesitzer von Herzeben Holz- und Weiderechte besaßen, der Agrargemeinschaft Herzebenalpe überschrieben (Amt der Tiroler Landesregierung 1969).

2 Methodik

Ziel der Arbeit war es, den Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital hinsichtlich Veränderungen in der Altersstruktur, der Baumbiomasse und des darin enthaltenen Kohlenstoffvorrats seit 1834 bzw. 1947 zu beschreiben. Die dafür verwendeten Grundlagendaten lagen in räumlicher Form vor, und wurden mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) bearbeitet.

Als Kartengrundlagen dienten

- eine Karte mit Angaben zu Waldfläche und Holzvorrat 1834 (Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834)
- die Kulturen-Skelett-Karte zum Franziszeischen Kataster 1861 (Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861)
- die Karte zum Waldwirtschaftsplan 1948 – 1967 des Gemeindewaldes Neustift (Stand 1947) (Landesforstinspektion Innsbruck 1948)
- die Karte zum Waldwirtschaftsplan 1978 – 1997 des Agrargemeinschaftswaldes Neustift (Stand 1976) (Landesforstinspektion für Tirol 1979)
- die Karte zum Waldwirtschaftsplan 2001 – 2020 der Agrargemeinschaft Neustift im Stubaital (Stand 2000) (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004)

Weiters standen zur Verfügung

- GIS-Shapefiles der Verteilung der Lebensräume innerhalb der Waldflächen 1954, 1973 und 2003 (Benter et al. 2003)
- ein digitales Höhenmodell (cell size ca. 90 m) vom Großraum Innsbruck (Jarvis et al. 2008)
- die Katasterkarte von Neustift im Stubaital (Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV)

Für einen Teil der Flächen 1947, 1976 und 2000 waren Angaben des Alters bzw. der Bestandesklasse vorhanden (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Die Altersverteilungen auf den Flächen mit Altersangabe wurden verglichen.

Die Berechnung der Baumbiomassen auf der Fläche erfolgte in drei Schritten:

(1) Die Baumbiomassen der vorhandenen Grundlagenkarten (1834, 1947, 1976, 2000) wurden ermittelt. Für einen Teil der Flächen waren jeweils Angaben zum Holzvorrat (meist in

Derbholz) vorhanden (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Diese Holzvorräte wurden jeweils mittels Werten aus der Literatur auf die gesamte Baumbiomasse der Flächen hochgerechnet. Für Flächen ohne Angaben zum Holzvorrat wurden passende Werte ergänzt.

(2) In den Karten fehlende Waldflächen sowie deren Baumbiomassen wurden ergänzt (1947, 1976, 2000). Aufgrund fehlender Informationen über die genauere Waldfläche 1834 konnte diese Karte nicht ausgeweitet werden.

(3) Für 1861 waren keine Grundlagendaten zum Holzvorrat vorhanden. Hier wurde ein mittlerer Baumbiomassewert zwischen 1834 und 1947 verwendet.

Zur Ermittlung des Kohlenstoffvorrats in der Baumbiomasse wurden die Baumbiomassen der einzelnen Flächen jeweils mit 0,5 multipliziert (nach IPCC 2003). Die einzelnen Arbeitsschritte wurden in Abb. 2 zusammengefasst, sowie im Folgenden näher beschrieben.

Berechnung der Gesamtbaumbiomasse und deren Kohlenstoffvorrat

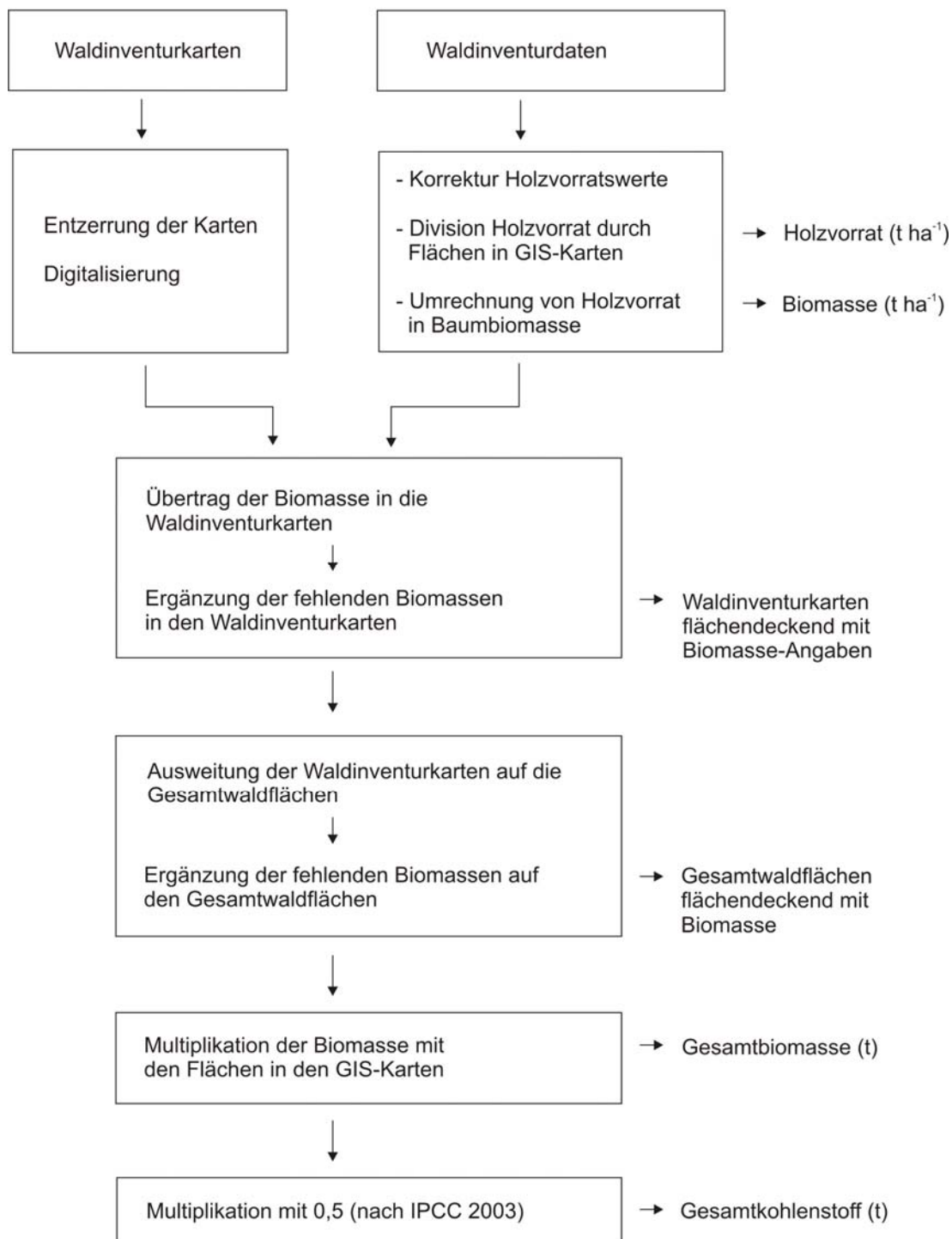


Abb. 2: Arbeitsschritte bei der Berechnung von Baumbiomasse und deren Kohlenstoffvorrat des Waldes im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital in den einzelnen Zeitschritten.

2.1 Kartengrundlagen

2.1.1 Karte 1834 – Waldfläche und Holzvorrat im Stubaital

Die älteste verwendete Karte stammt von 1834 und enthält für das gesamte Stubaital Angaben zu Waldfläche und Holzvorrat (Abb. 3). Sie stammt aus einer Handschrift (Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834) aus dem Bestand der Salinenamtsbücher im Tiroler Landesarchiv, da die Wälder im Stubaital zum Salinenamt in Hall gehörten (Tappeiner et al. 2008a). Die Originalkarte war handgezeichnet und wenig genau. Dennoch gab sie einen groben Überblick über den Zustand des Waldes in der damaligen Zeit, und wurde daher als sehr grober Vergleich zu den Verhältnissen des Waldes über 100 Jahre später miteinbezogen.

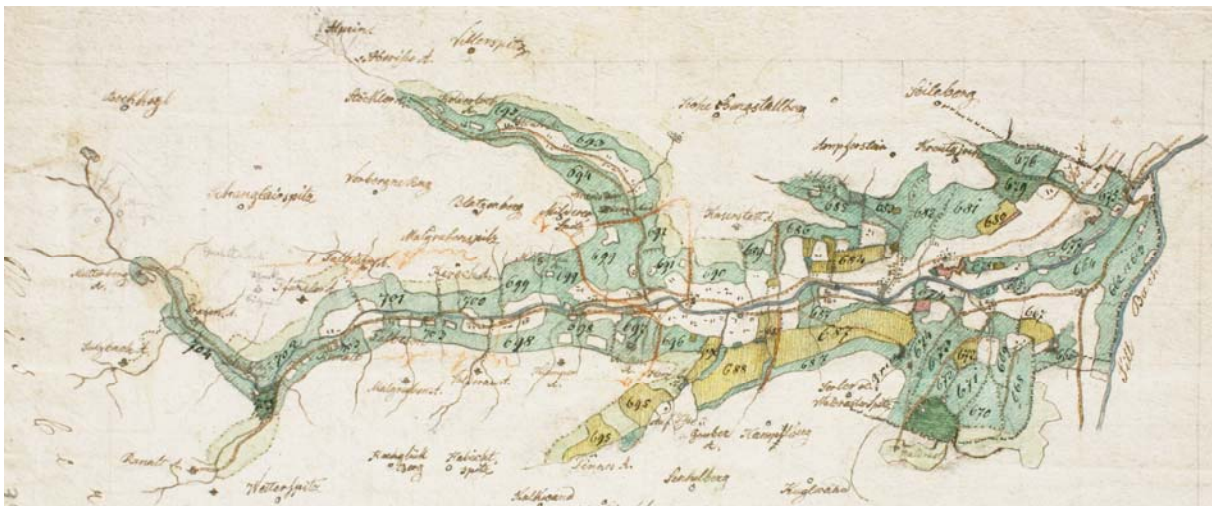


Abb. 3: Originale Waldkarte des Stubaitals von 1834. Quelle: Tiroler Landesarchiv 1834.

Die Karte wurde auf Grundlage der Kulturen-Skelett-Karte von 1861 (Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861) in ArcMap 9.3 (ESRI 2009) georeferenziert und entzerrt (siehe Abb. 4). Als Referenzpunkte dienten Kirchen, Häuser, Ortsmittelpunkte, Weggabelungen, Brücken, Seitenbachmündungen, eine Quelle sowie Kreuzungspunkte zwischen Wegen, Flüssen und der Gemeindegrenze. Ein exaktes Georeferenzieren war aufgrund der Ungenauigkeit der Karte nicht möglich. Trotzdem wurde versucht, so viele und so genaue Punkte wie möglich zu setzen. Insgesamt wurden 113 Referenzpunkte gesetzt, und die Karte mit Hilfe des Algorithmus SPLINE (ESRI 2009) entzerrt. Bei dieser Transformation wird die Lage der Referenzpunkte beim Georeferenzieren genau übernommen. Je weiter Bildpunkte von den Referenzpunkten entfernt sind, desto weniger genau liegen sie unter Umständen nach der Entzerrung. Die Georeferenzierung wird umso genauer, je mehr und je gleichmäßiger verteilt Referenzpunkte gesetzt werden (ESRI 2012).

Bei der affinen Georeferenzierung (1st Order Polynomial; ESRI 2009) der Karte entstand ein RMS error von 604,26. Durch die Entzerrung der Karte wurde die Lagerichtigkeit der Flächen verbessert. Laut Flächeninformation von 1834 betrug die tatsächliche Gesamtwaldfläche 2660,4 ha (Von Guttenberg 1834). Durch die Entzerrung der Karte konnte die Gesamtwaldfläche in der Karte von 3466,1 ha (affine Georeferenzierung; ESRI 2009) auf 2999,7 ha verbessert werden. Wo keine Referenzpunkte gesetzt werden konnten, konnten Fehler in der entzerrten Karte nicht vermieden werden. Trotzdem lagen die Flächen am Ende geografisch deutlich richtiger, und die Flächengröße stimmte wesentlich besser mit der Attributtabelle zur Karte von 1834 überein.

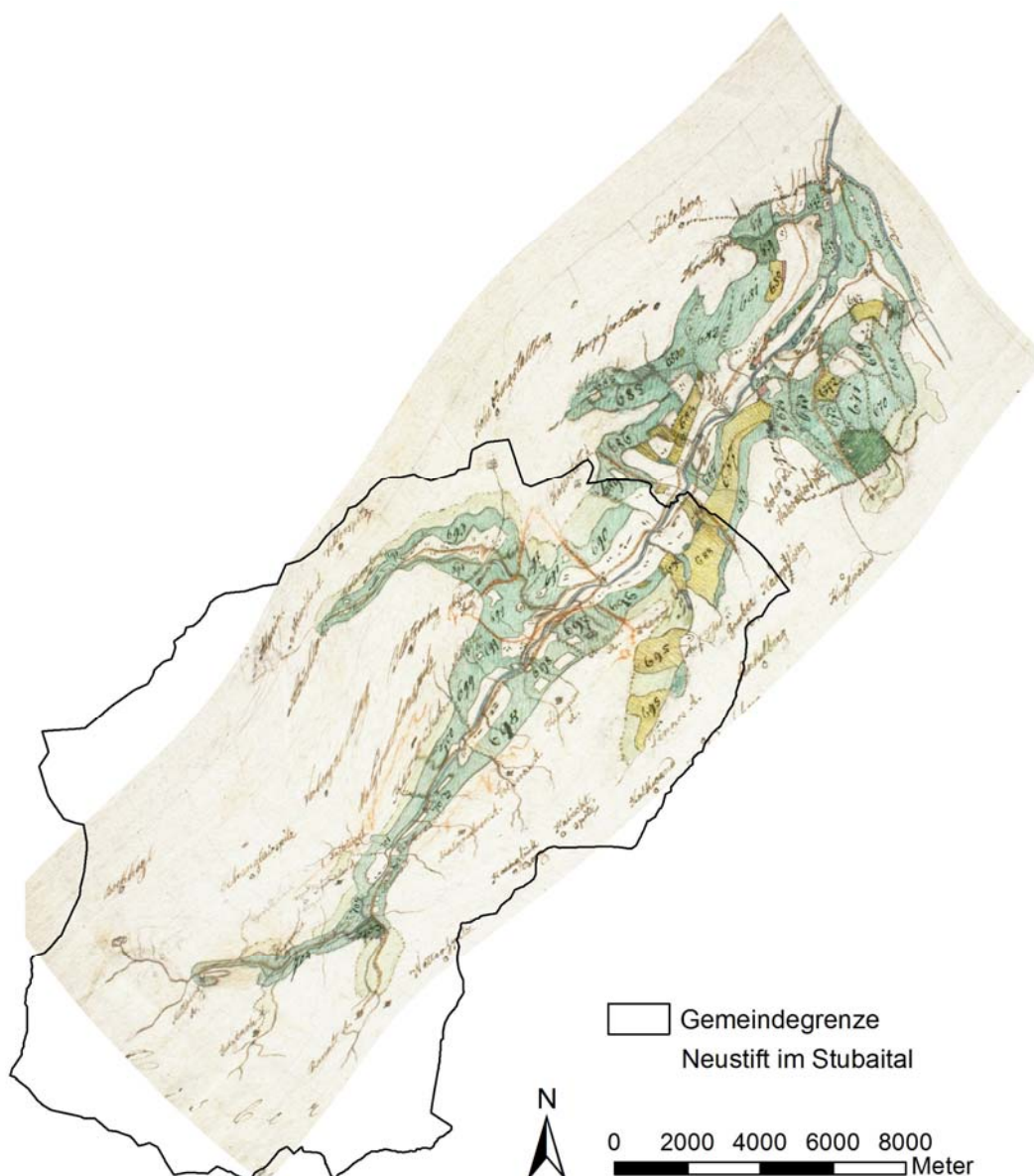


Abb. 4: Mittels SPLINE (ESRI 2009) entzerrte Karte des Stubaitals von 1834. Quellen: Tiroler Landesarchiv 1834, Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV.

Die Karte ist in mehrere nummerierte Waldeinheiten unterteilt (Tiroler Landesarchiv 1834), diese wurden digitalisiert. Die blassgrünen, nicht durchgehend abgegrenzten und zum Teil mit Alm beschrifteten Flächen in der Karte wurden als Almflächen angesehen und in der Auswertung weggelassen. Aufgrund der Ungenauigkeit der Karte (Strichstärke zum Teil 30 m) fielen Wege und Flüsse nicht ins Gewicht, und wurden daher nicht berücksichtigt. Die Gemeindegrenze von Neustift in der Karte stimmte nicht ganz mit der heutigen Grenze überein. Verwendet wurden alle Waldflächen innerhalb der heutigen Grenze von Neustift im Stubaital (Tiroler Landesarchiv 1834, Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV).

Für die Waldeinheiten sind in der Handschrift jeweils Angaben zur Fläche, zum Holzvorrat etc. vorhanden. Die Waldflächen sind in Jauch angegeben (Von Guttenberg 1834), und wurden durch Multiplikation mit 0,36 in Hektar (ha) umgerechnet (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Zweimal ist in der Handschrift die Gesamtwaldfläche größer als die Summe der Einzelwerte (Von Guttenberg 1834). Verwendet wurde die Summe der Einzelwerte. Die Holzvorratswerte wurden den Waldeinheiten in der Karte zugefügt. Dadurch erhielt eine durch die Grenzveränderung verkleinerte Waldeinheit den gesamten Holzvorrat auf die verkleinerte Fläche.

2.1.2 Karte 1861 – Kulturen-Skelett-Karte zum Franziszeischen Kataster

Ebenfalls aus dem 19. Jahrhundert stammt die Kulturen-Skelett-Karte von 1861 (Abb. 5; Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861), die auf dem Franziszeischen Kataster aufbaut. Unter Kaiser Franz I. kam es für die Bemessung der Grundsteuer zur Katastervermessung und Kartenerstellung des Franziszeischen Katasters 1817 bis 1861. Die Arbeiten in Tirol und Vorarlberg dauerten von 1855 bis 1861. Nach Ende jeden Jahres wurden die bearbeiteten Gebiete in sogenannten Kulturen-Skelett-Karten im Maßstab 1 : 36 000 zusammengefasst. Die uns erhaltenen Kulturen-Skelett-Karten sind eine Zusammenfassung und händische Abzeichnung dieser ersten Kulturen-Skelett-Karten im Maßstab 1 : 36 000 (Beimrohr 2006). Sie sind deutlich genauer und detaillierter als die Karte von 1834.

Die Kartenblätter wurden einzeln auf Grundlage der aktuellen Katasterkarte von Neustift im Stubaital (Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV) georeferenziert, und wurden als Referenzkarten für die Georeferenzierung und Entzerrung der Karte von 1834 verwendet. Auf Grundlage der Kulturen-Skelett-Karte von 1861 lag weiters eine genauere, in Lebensräume unterteilte Karte von Benter et al. (2003) vor. Diese wurde als Grundlage für die weiteren Bearbeitungen und Auswertungen verwendet.

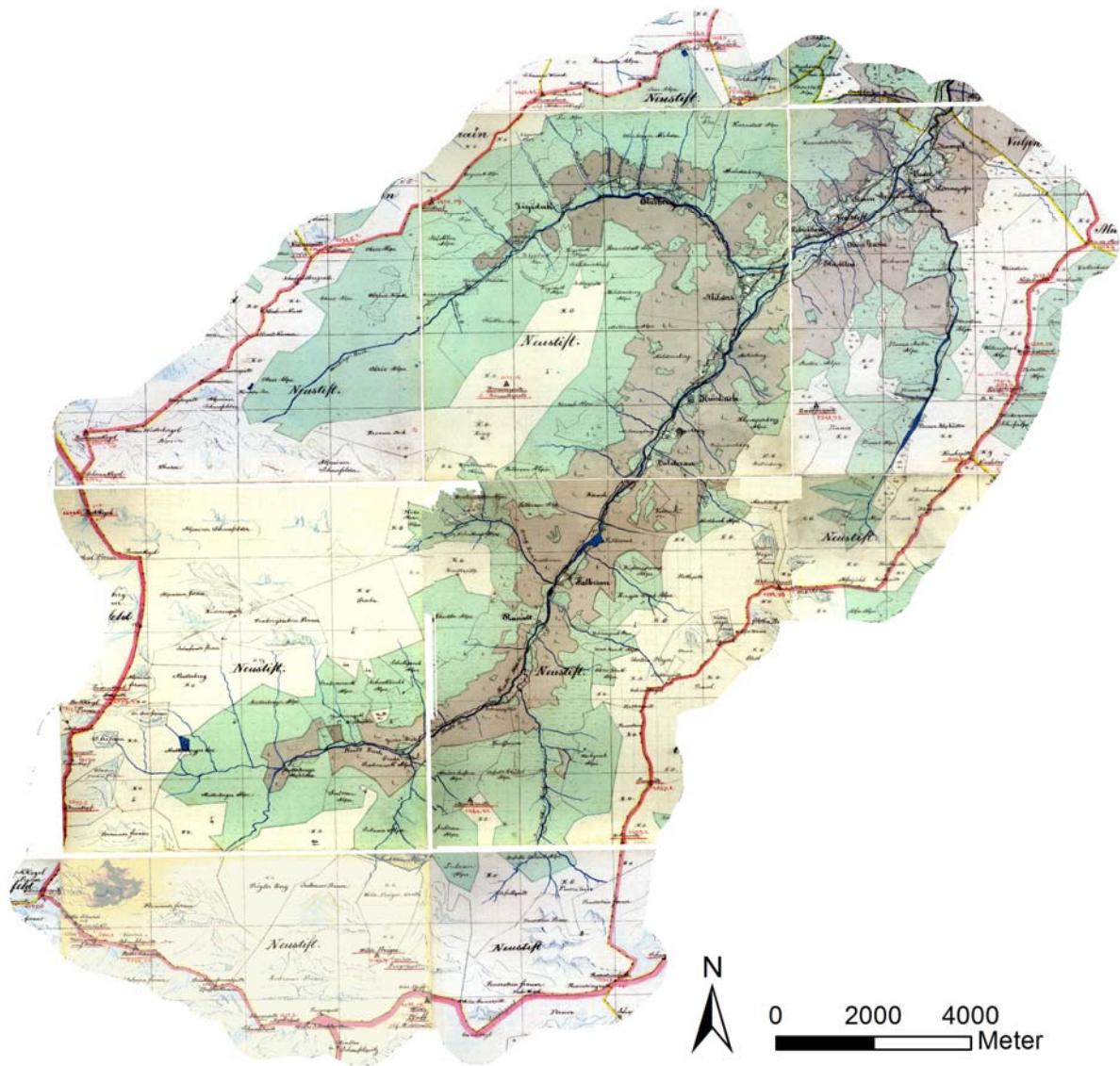


Abb. 5: Kulturen-Skelett-Karte Tirol-Vorarlberg um 1861 von Neustift im Stubaital (Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861). Die Waldflächen sind grau gefärbt (Beimrohr 2006).

2.1.3 Verwendung von Waldwirtschaftsplänen für den Gemeindewald Neustift

In den Waldwirtschaftsplänen von Neustift wurde jeweils der aktuelle Zustand des Waldes erhoben, sowie eine Prognose über den Holzzuwachs und die daher mögliche Holznutzung in den folgenden 20 Jahren erstellt. Dafür wurde das zu untersuchende Waldgebiet in kleinere Flächeneinheiten, zum Beispiel Abteilungen, unterteilt und diese wurden systematisch begangen. Dabei wurde einerseits durch systematische Stichprobenerhebungen diverser Holz- und Baumparameter der am Ort stockende Holzvorrat, der vergangene und damit zukünftig zu erwartende Holzzuwachs, sowie das Alter der Bestände ermittelt. Parallel dazu wurden homogene Bestände in der Karte eingezeichnet. Für die vorliegende Arbeit wurden

Daten aus drei Waldwirtschaftsplänen für den Gemeindewald von Neustift im Stubaital verwendet. Verwendet wurden jeweils der am Ort stockende Holzvorrat, sowie die Verteilung der Bestandesklassen bzw. Altersklassen auf der Fläche. Zu jedem Waldwirtschaftsplan existieren Karten, die als Grundlagen verwendet wurden. Jeder der drei Waldwirtschaftspläne teilt den Wald in unterschiedlich viele und unterschiedlich verteilte Untereinheiten (Abteilungen) ein. Die berechneten Holzvorräte sind auf unterschiedliche Flächeneinheiten bezogen angegeben, konnten aber immer in den entsprechenden Karten räumlich zugeordnet werden. Auf diesen ist auch die Verteilung der Bestandesklassen bzw. Altersklassen eingezeichnet. Aufgrund der unterschiedlichen Entstehungsjahre der Karten gibt es Unterschiede in der Genauigkeit der Vermessung und Kartenerstellung (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Im Zuge der Vereinheitlichung der Karten wurden dennoch in allen drei Kartenwerken die Straßen sowie die größeren Fließgewässer extra digitalisiert und nicht in die Waldflächen integriert.

2.1.3.1 Karte 1947 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 1948 – 1967 des Gemeindewaldes Neustift

1947 wurde der Zustand im Gemeinschaftswald Neustift erhoben, und ein Waldwirtschaftsplan für 1948 bis 1967 erarbeitet. Von dieser forstlichen Aufnahme ist in Kartenform nur das Kartenblatt des hinteren Stubaitals bis zum Mühlthal nördlich von Gasteig vorhanden. Dieses ist handgezeichnet und liegt im Maßstab 1 : 10 000 vor (Abb. 6; Landesforstinspektion Innsbruck 1948).

Die Karte wurde in mehreren Teilen eingescannt, zusammengesetzt, und danach als Ganzes mit Hilfe der aktuellen Katasterkarte von Neustift im Stubaital (Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV) in ArcMap 9.3 (ESRI 2009) georeferenziert und mittels SPLINE (ESRI 2009) entzerrt. Die 132 Referenzpunkte wurden flächenmäßig relativ dicht und gleichmäßig verteilt. Trotzdem können dort, wo keine Punkte vorliegen, kleine Verschiebungen vorkommen (ESRI 2012). Der Waldwirtschaftsplan von 1948 teilt den Gemeindewald Neustift in 123 Abteilungen, die meist in mehrere Unterabteilungen und Teile davon untergliedert sind. Diese Unterabteilungsteile sind in der Karte meist einzeln abgegrenzt (Landesforstinspektion Innsbruck 1948) und wurden digitalisiert.

Alter zugewiesen (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Über das mittlere Alter wurden die Flächen jeweils der entsprechenden Altersklasse (I bis VII) zugeordnet.

2.1.3.2 Karte 1976 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 1978 – 1997 des Agrargemeinschaftswaldes Neustift

Der auf den Waldwirtschaftsplan 1948 folgende Waldwirtschaftsplan für den Agrargemeinschaftswald Neustift hat eine Laufzeit von 1978 bis 1997, und beruht auf Bestandesaufnahmen von 1975 bis 1977. Als mittleres Alter des Zeitschnitts wurde daher das Jahr 1976 angegeben. Die zum Waldwirtschaftsplan gehörende Waldübersichtskarte besteht aus einem vorderen nordöstlichen Teil sowie einem hinteren südwestlichen Teil (Abb. 7). Beide Karten lagen im Maßstab 1 : 10 000 vor (Landesforstinspektion für Tirol 1979).

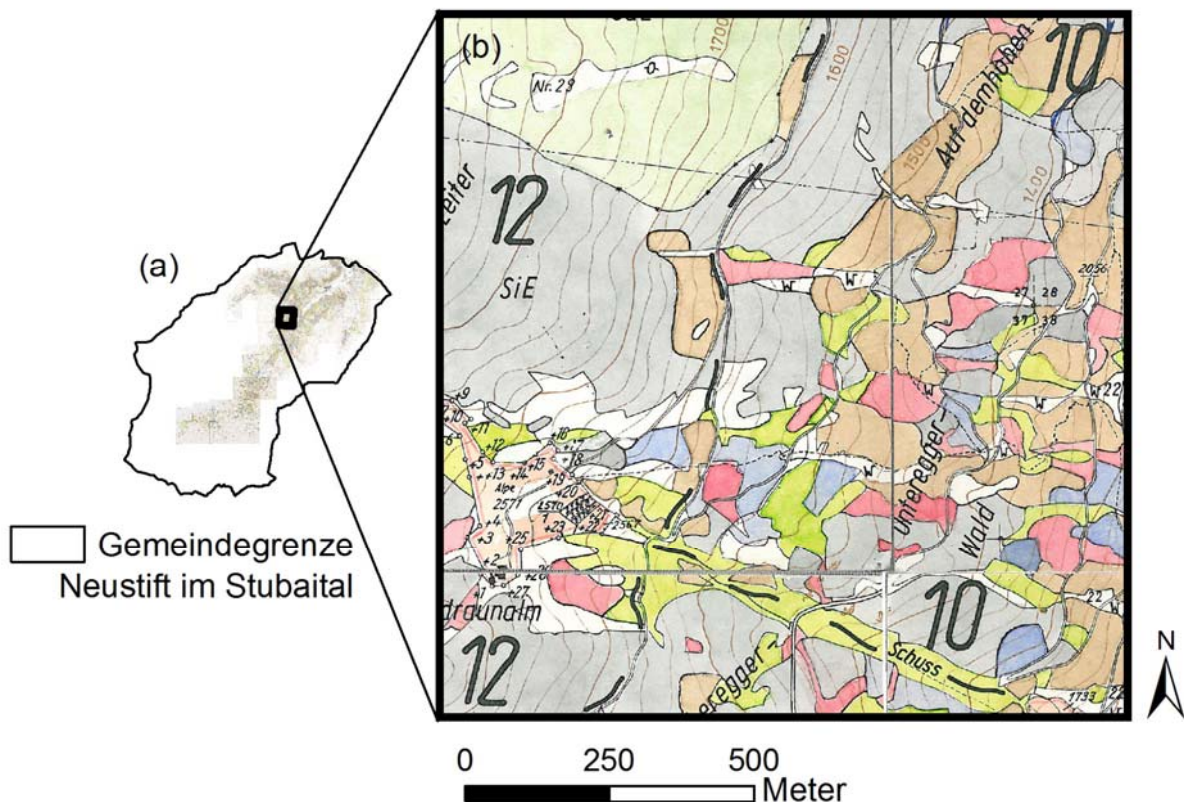


Abb. 7: Bearbeitete Karte 1976 basierend auf den Bestandesaufnahmen 1975 bis 1977 (Landesforstinspektion für Tirol 1979): (a) gesamte georeferenzierte Karte im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital, (b) Kartenausschnitt (Quellen Landesforstinspektion für Tirol 1979, Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV).

Die Karte des vorderen Teils bestand aus 45 gefärbten Teilkarten (Landesforstinspektion für Tirol 1979), die einzeln eingescannt und mit Hilfe der Katasterkarte von Neustift (Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV) georeferenziert wurden. Eine Entzerrung war aufgrund der Genauigkeit der Karte und der Bearbeitung in vielen Teilen nicht nötig. Die Karte des hinteren Teils lag als gesamte, nicht geteilte Gerippekarte vor (Landesforstinspektion für Tirol 1979) und konnte daher in wenigen Teilen eingescannt werden. Dabei entstanden kleine Verzerrungen, sodass beim Georeferenzieren die Transformation mittels Spline (ESRI 2009) verwendet wurde.

Insgesamt besteht die Waldübersichtskarte des Agrargemeinschaftswaldes Neustift zum Waldwirtschaftsplan 1978 aus 29 Abteilungen bzw. 2 Betriebsklassen. Diese decken die gesamte Fläche des Agrargemeinschaftswaldes ab, und enthalten sowohl Wald- als auch Nichtwaldflächen. Innerhalb der Abteilungen sind sehr detailliert Jungwuchsflächen, Dickungen, Stangenholz, Baumholz, Altholz, Schutzwald außer Ertrag, Straßen und andere Flächen wie zum Beispiel Blößen, Weiden etc. in der Karte eingezeichnet (siehe Abb. 7). Die Abteilungsgrenzen, die Flächen der Bestandesklassen (Jungwuchs, Dickung, Stangenholz, Baumholz, Altholz) sowie der Schutzwald außer Ertrag wurden digitalisiert. Die Zuordnung zu den einzelnen Kategorien erfolgte jeweils mit Hilfe der gefärbten Teilkarten. Für die Waldfläche wurden alle einer Bestandesklasse (Jungwuchs, Dickung, Stangenholz, Baumholz, Altholz) oder dem Schutzwald außer Ertrag zugeordneten Teilflächen (Landesforstinspektion für Tirol 1979) verwendet. Eine kurze Beschreibung der einzelnen Bestandesklassen befindet sich im Anhang.

In Tab. 1 sind die Methoden der Georeferenzierung und Entzerrung der einzelnen Karten und Kartenteile nochmals zusammengefasst, sowie der RMS Error bei affiner Georeferenzierung (ESRI 2009) angegeben.

Tab. 1: Bearbeitung der Kartengrundlagen (äuß.Teil: äußerer Teil, inn.Teil: innerer Teil, min: kleinster Wert, max: größter Wert; *RMS error der affinen Georeferenzierung (1st order polynomial, ESRI 2009); **Mittelwert aller Kartenblätter). Quellen: ¹ Tiroler Landesarchiv 1834; ² Landesforstinspektion Innsbruck 1948; ³ Landesforstinspektion für Tirol 1979; ⁴ Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861; ⁵ Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV; ⁶ ESRI 2009.

Karten	1834¹	1947²	1976 äuß.Teil³	1976 inn.Teil³
georeferenziert auf Grundlage von	Kulturen-Skelett-Karte 1861 ⁴	Katasterkarte von Neustift im Stubaital ⁵	Katasterkarte von Neustift im Stubaital ⁵	Katasterkarte von Neustift im Stubaital ⁵
Transformation	Spline ⁶	Spline ⁶	1st Order Polynomial (Affine) ⁶	Spline ⁶
Anzahl der Referenzpunkte	113	132	395	182
Total RMS Error (affin⁶)*	604,25961	27,49139	3,28509** min 0,15516 max 7,01874	6,33831** min 3,37024 max 9,84986

2.1.3.3 Karte 2000 – Karte zum Waldwirtschaftsplan 2001 – 2020 der Agrargemeinschaft Neustift im Stubaital

Der aktuelle Waldwirtschaftsplan für die Agrargemeinschaft Neustift im Stubaital läuft von 2001 bis 2020. Die Bestandesaufnahme fand im Sommer 2000 statt (Landesforstdirektion Tirol 2004). Die hierzu bereits digital vorliegenden Karten (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion) wurden mir als Vektordatensätze (Shapefiles, siehe Abb. 8) dankenswerterweise von D.I. Dr. Dieter Stöhr der Abteilung Forstorganisation des Landes Tirol zur Verfügung gestellt.

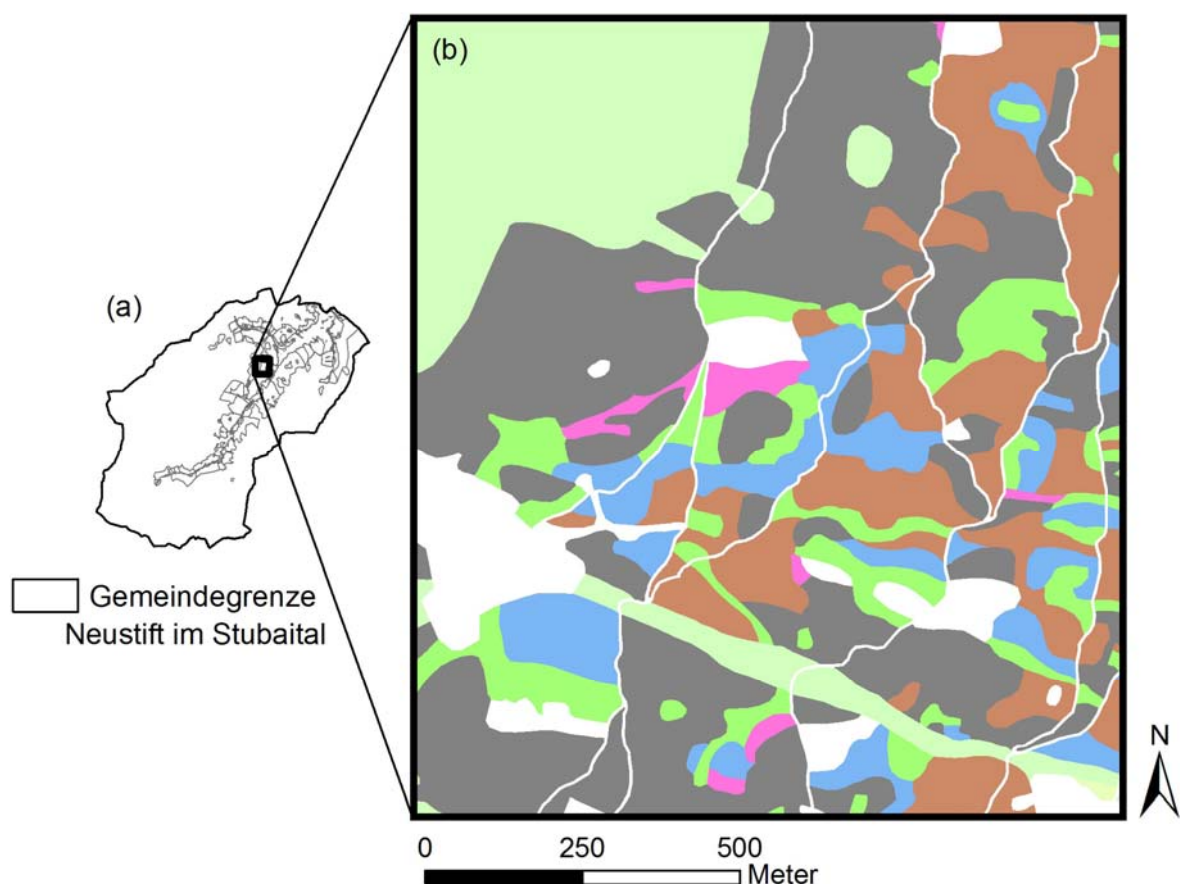


Abb. 8: Digitale GIS-Datensätze zum Waldwirtschaftsplan 2000 (Landesforstdirektion Tirol 2004) als Grundlage für die vorliegende Arbeit: (a) Abteilungs- und Gemeindegrenzen des Agrargemeinschaftswaldes Neustift im Stubaital, (b) Bestandesklassen und Kategorien ausschnittsweise vergrößert. Quellen: Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Kataster Neustift, Land Tirol 2009, Urheberrechte Land Tirol und BEV.

In der Karte zum Waldwirtschaftsplan 2000 wird die gesamte Fläche in neun Abteilungen aufgeteilt, in denen wie 1976 die Flächen der Bestandesklassen, des Schutzwalds außer

Ertrag, der Wege, Weideblößen, etc. detailliert eingezeichnet sind. Die Beschreibung der einzelnen Kategorien in den Shapefiles wurde mit Hilfe der Daten des Waldwirtschaftsplans selbstständig ergänzt und kontrolliert. Entsprechend dem Waldwirtschaftsplan 2000 wurden die Kategorien <Baumholz> und <ungleichaltrige Bestockung> zu Baumholz sowie die Kategorien <Altholz> und <Altholz verlichtet> zu Altholz zusammengefasst. Wie 1976 wurden für die Waldfläche die Flächen der Bestandesklassen (Jungwuchs, Dickung, Stangenholz, Baumholz, Altholz) und des Schutzwalds außer Ertrag (Hochwald und Krummholz) verwendet. Die Bestandesklasse 1 (Blöße, ungesicherte Kultur) wurde wie im Jahr 1976 weggelassen (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004).

2.2 Altersangaben in den Karten 1947, 1976 und 2000

Altersangaben waren für einen Teil der Waldflächen 1947, 1976 und 2000 vorhanden. Die Altersangaben konnten einzelnen Flächen in den Karten zugeordnet werden, und wurden vergleichend untersucht. 1947 waren für jede Waldfläche in der Karte zum Waldwirtschaftsplan Altersangaben vorhanden. 1976 und 2000 waren jeweils für die Flächen im Ertrag der Waldwirtschaftspläne die Bestandesklassen ausgewiesen. Für die Auswertung der Altersverteilung in den Flächen wurden jeweils nur diese Flächen berücksichtigt. Da die Flächen 1976 und 2000 Bestandesklassen, die von 1947 dagegen Altersklassen zugeordnet waren (siehe Kapitel 2.1.3.1; Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004), wurden die Flächen 1947 entsprechenden Bestandesklassen zugeordnet (siehe Tab. 2): 75 % der Fläche der Altersklasse I wurde dem Jungwuchs, 25 % der Dickung zugewiesen. Von der Fläche der Altersklasse II wurden 50 % der Dickung, 50 % dem Stangenholz zugeteilt. Die Klasse III wurde ebenfalls zum Stangenholz, die Klassen IV und V zum Baumholz gezählt. Alle Flächen ab Altersklasse VI wurden dem Altholz zugeordnet. Ebenso wurden entsprechend den Prozentanteilen mittlere Biomassewerte für die Bestandesklassen 1947 berechnet. Der Biomassewert der Altersklasse I wurde für Jungwuchs übernommen.

Tab. 2: Zuordnung der Bestandesklassen zu den einzelnen Altersklassen. Die Prozentangaben sind jeweils auf die Fläche bezogen.

Altersklasse	Bestandesklasse
I (1-20)	Jungwuchs 75%, Dickung 25%
II (21-40)	Dickung 50%, Stangenholz 50%
III (41-60)	Stangenholz
IV (61-80)	Baumholz
V (81-100)	Baumholz
VI (101-120)	Altholz
VII (121-)	Altholz

Die vergleichende Auswertung der Bestandesklassen erfolgte auf der kleinsten gemeinsamen Fläche der Flächen mit Altersinformation. Diese umfasste für 1976 / 2000 ca. 1183 ha, für 1947 / 1976 / 2000 nur ca. 257 ha (siehe Abb. 9).

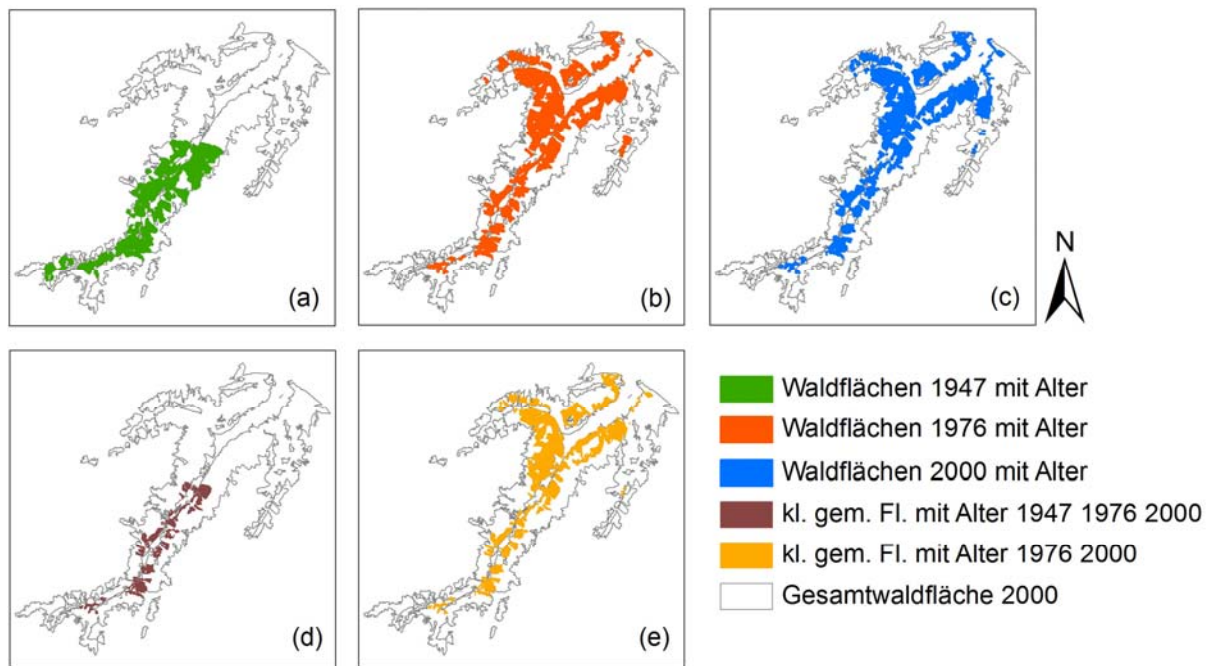


Abb. 9: Graphische Darstellung der Waldflächen mit Altersinformation sowie der für die Auswertung der Altersinformationen verwendeten Flächen vor dem Hintergrund der Gesamtwaldfläche 2000: (a) alle Waldflächen 1947 mit Altersinformation; (b) alle Waldflächen 1976 mit Altersinformation; (c) alle Waldflächen 2000 mit Altersinformation; (d) kleinste gemeinsame Fläche aller Flächen mit Altersinformation von 1947, 1976 und 2000; (e) kleinste gemeinsame Fläche aller Flächen mit Altersinformation von 1976 und 2000. Erstellt auf der Grundlage der Daten aus: Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004.

2.3 Biomassewerte der Kartengrundlagen 1834, 1947, 1976 und 2000

Grundlage für die Berechnung der Baumbiomasse des Waldes in den einzelnen Zeitschritten bildeten in erster Linie die Karten von 1834, 1861, 1947, 1976 und 2000 und die zugehörigen Inventurdaten. Für 1861 waren keine Waldinventurdaten vorhanden, diese Karte wird daher erst unter 2.5 behandelt. Für die anderen Karten konnten mit Hilfe der vorhandenen Holzvorratswerte (siehe Tab. 3) die Baumbiomassen der Waldflächen ermittelt werden. Zur Karte von 1834 war für jede Waldfläche in Neustift im Stubaital eine Angabe zum Holzvorrat vorhanden (Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834). Holzvorratswerte liegen 1947 getrennt für alle Unterabteilungsteile außer jene der Altersklassen I und II vor (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). 1976 und 2000 lagen Gesamtholzvorratswerte jeweils für Stangenholz, Baumholz und Altholz im Ertragswald vor (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). 1976 waren die Werte jeweils getrennt für die zwei Betriebsklassen angegeben, insgesamt waren daher sechs verschiedene Werte vorhanden (Landesforstinspektion für Tirol 1979). 2000 waren die Werte getrennt für die neun Abteilungen angegeben. Eine Angabe des Holzvorrates fehlte für Stangenholz und Baumholz in Abteilung 4, obwohl es als Stangen- bzw. Baumholz ausgewiesene Flächen gab (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Hier wurde jeweils der Mittelwert der anderen acht Holzvorrat ha^{-1} -Werte verwendet.

Tab. 3: Vorhandene Angaben zum Holzvorrat zu den Karten von 1834, 1947, 1976 und 2000. Quellen: ¹ Tiroler Landesarchiv 1834; ² Landesforstinspektion Innsbruck 1948; ³ Landesforstinspektion für Tirol 1979; ⁴ Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion; ⁵ Von Guttenberg 1834; ⁶ Landesforstdirektion Tirol 2004.

Karte	Angaben zum Holzvorrat
1834 ¹	alle Waldflächen ⁵
1947 ²	alle Unterabteilungsteile außer Altersklassen I und II ²
1976 ³	Stangenholz, Baumholz, Altholz im Ertragswald, getrennt für 2 Betriebsklassen ³
2000 ⁴	Stangenholz, Baumholz, Altholz im Ertragswald, getrennt für 9 Abteilungen ⁶

Als Waldfläche wurde aus den Kartengrundlagen 1947, 1976 und 2000 nur mehr die tatsächlich mit Wald bestockten Flächen verwendet. Das waren 1947 alle mit Wald bestockten Flächen wie in Kapitel 2.1.3 beschrieben, 1976 und 2000 alle Bestandesklassen (Jungwuchs, Dickung, Stangenholz, Baumholz, Altholz) sowie der Schutzwald außer Ertrag. 1834 wurden

für die Waldfläche alle eingezeichneten Waldeinheiten verwendet. Allerdings beinhalten diese Waldeinheiten – anders als in den anderen Karten – auch Schläge und Blößen sowie unfruchtbaren Boden (Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834). Diese Teilflächen konnten allerdings in den Waldeinheiten nicht räumlich zugeordnet werden, und wurden daher miteinbezogen.

2.3.1 Das Holzvolumen als Grundlage für die Biomasseberechnung

Zur Ermittlung der Baumbiomasse des Waldbestandes wurde in dieser Arbeit der Ansatz der „stock change method“ (IPCC 2003) verwendet. Bei dieser Methode wird als Grundlage für die Berechnung der Biomasse das Holzvolumen eines Bestandes benötigt (IPCC 2003). Dieses war sowohl für 1834 als auch für einen Teil der Flächen 1947, 1976 und 2000 vorhanden (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004).

Das Holzvolumen (= Holzvorrat) lag 1976 und 2000 als Angabe in Derbholz vor (Landesforstdirektion Innsbruck, mündliche Mitteilung). Für 1947 war keine Angabe dazu vorhanden, es wurde aber auch hier eine Angabe in Derbholz angenommen (siehe 2.3.2). Die Holzvorratswerte lagen in allen drei Zeitschnitten als Angabe in Vorratsfestmeter (vfm) mit Rinde vor (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). 1834 waren die Holzvorratswerte in Klafter à 108 Kubikfuß angegeben (Von Guttenberg 1834), und wurden nach Gassebner (1986) durch Multiplikation mit 3,4105 in Festmeter umgerechnet.

All diese Holzvolumenswerte wurden vor unterschiedlich langer Zeit erhoben. Seit 1834 bzw. 1947 haben sich der Stand der Forschung in der Forstwissenschaft bzw. die Erhebungs- und Auswertemethoden zur Ermittlung des Holzvorrats eines Gebiets, und damit die Genauigkeit der vorhandenen Holzvolumensdaten stark verändert. Diese wurden jeweils entsprechend dem aktuellen Wissensstand und dem Anspruch an die Genauigkeit der Daten im jeweiligen Jahr erhoben und lagen unterschiedlich detailliert vor. 1947 waren die Holzvorräte für jeden Unterabteilungsteil extra angegeben. Im Gegensatz dazu lagen 1978 nur sechs verschiedene Werte vor, 2000 waren es immerhin 25 unterschiedliche Werte (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Dadurch ergaben sich Unterschiede in den Daten, die beim Vergleich berücksichtigt werden mussten.

Aufgrund von fehlenden Informationen konnte die Erhebung der Daten von 1834 leider nicht im Detail nachvollzogen werden. 1947 erfolgte die Erhebung der Holzvorräte teils durch Vollkluppierung, teils mit Kreisprobeflächen, teils durch Schätzung und teils mit Hilfe der – von

der Landesforstinspektion überarbeiteten – Ertragstafel von Schiffel. Bei der Vollkluppierung der Altholzflächen wurden nur die „Stämme ab 23 cm Durchmesser kluppiert, das schwächere Holz angeschätzt“ (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, p. 36). Zusätzlich wurden handgezeichnete Bonitätstafeln, die für eine bestimmte Bonität und Baumart jeweils die Höhe bei einem bestimmten Durchmesser angeben, verwendet. Durch Abrundungen, Schätzungen, die Kluppschwelle sowie die angepassten alte Tafeln kam es zu einer Unterschätzung des tatsächlich vorhandenen Holzvorrats. Kleine Fehler in der Berechnung durch händisches Berechnen konnten ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Holzvorratswerte liegen 1947 getrennt für die meisten Unterabteilungsteile vor. Darüber hinaus liegen auch sehr viele andere erhobene Bestandesparameter für diese Teilflächen detailliert vor (Eckert et al. 1948, Landesforstinspektion Innsbruck 1948), was auf eine relativ genaue Erhebung hindeutet.

Die Daten 1976 und 2000 waren in der Methodik der Datenerhebung und -auswertung sowie in der Detailliertheit der vorhandenen Holzvorratsdaten ähnlich (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Die Daten 1976 wurden mittels Winkelzählproben (Bitterlich 1948) erhoben. Über die Waldfläche wurde ein Raster mit 80 m Seitenlänge gelegt und pro Rasterzelle eine Winkelzählprobe (Spiegelrelaskop, Zählbreite 4) durchgeführt. Gearbeitet wurde mit einer Kluppschwelle von 16 cm BHD (Landesforstinspektion für Tirol 1979). Für den Vergleich mit den Werten aus dem Jahr 2000, wo das gesamte Derbholz erhoben wurde (Landesforstdirektion Tirol 2004), wurden in Anlehnung an Süss (1979) die Holzvorratswerte von 1976 um folgende Prozentwerte erhöht: Stangenholz um 17,5 %, Baumholz um 7,5 %, Altholz um 3,5 %. Die Auswertung erfolgte mit den Tiroler Tariftafeln 1955 (Landesforstinspektion für Tirol 1979). Die Polynomfunktion besitzt ein Minimum und ein Maximum, nach Erreichen des Maximums sinkt der Holzvorrat mit steigendem BHD. Bei Fichte (Maximum je nach Tarif bei 100 – 106 cm BHD) und vor allem Lärche (Maximum bei 79 – 80 cm BHD) spielt das durchaus eine Rolle, die Vorräte vor allem bei stärkerem Holz werden unterschätzt (Sint 1987). 1976 wurden als Sicherheitspolster für zukünftig anfallende Ausgaben vom gesamt berechneten Holzvorrat 10% abgezogen (Tartarotti, mündliche Mitteilung). Die Werte im Waldwirtschaftsplan 1976 stellten daher 90% des tatsächlich vorhandenen Holzvorrats dar, und wurden um die fehlenden 10% ergänzt. Weiters müssen auch möglicherweise vorgekommenen Abrundungen (Eckert et al. 1948) bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die Bestandesaufnahme 2000 erfolgte wiederum mit Winkelzählproben auf einem Raster mit 100 m Seitenlänge und einer Winkelzählprobe (Spiegelrelaskop, Zählbreite 4, Kluppschwelle 6 cm) pro Rasterzelle. Die Ermittlung des Holzvorrats erfolgte für die Nadelholzarten mit Hilfe einer Schaftholzformzahlfunktion von Pollanschütz, für die Laubholzarten mit Hilfe der Derb-

holzformzahlfunktion von Kennel. Die Holzvorratswerte aus dem Waldwirtschaftsplan 2000 waren grundsätzlich richtig. Besonders die Werte für Baumholz und Altholz waren relativ verlässlich, der Wert für Stangenholz war etwas ungenauer (Landesforstdirektion Tirol 2004).

2.3.2 Umrechnung von Holzvolumen in Gesamtbaumbiomasse

Wie bereits in Kapitel 2.3.1 erwähnt war der Holzvorrat 1976 und 2000 in Derbholz angegeben (Landesforstdirektion Innsbruck, mündliche Mitteilung). 1947 war dazu im Waldwirtschaftsplan keine Angabe vorhanden (siehe Landesforstinspektion Innsbruck 1948), es wurde aber angenommen, dass es sich auch 1947 um Derbholz handelt. Allerdings wird in der originalen Ertragstafel von Schiffel (Schiffel 1904), die in überarbeiteter Form für die Erhebung eines Teils der Holzvorräte 1947 verwendet wurde (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), Schaftholz ausgewiesen (Schiffel 1904). Daher ist 1947 auch eine Angabe in Schaftholz möglich. Dies wurde im Folgenden bei der Bearbeitung berücksichtigt. Die Holzvorratswerte von 1947, 1976 und 2000 lagen jeweils in Vorratsfestmeter (vfm) mit Rinde vor (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Nach der Umrechnung lagen auch die Holzvorratswerte 1834 in Festmeter vor.

Die Gesamtbiomasse eines Baumes setzt sich aus verschiedenen Kompartimenten zusammen. Sie kann zum Beispiel in Derbholz mit Rinde, Reisig mit Rinde, Laub bzw. Nadeln und Stockholz (siehe Abb. 10) unterteilt werden. Derbholz mit Rinde kann weiters in Derbholz ohne Rinde sowie Derbholzrinde unterteilt werden (Kramer und Krüger 1981). Derbholz umfasst den gesamten oberirdischen Holzvorrat mit einem Durchmesser über 7 cm mit Rinde, also Stamm und Äste mit Rinde, sofern sie eine Dicke (Durchmesser) von über 7 cm haben. Der Stock ist im Derbholz nicht inkludiert. Die oberirdische Holzmasse mit Rinde mit einem Durchmesser von bis zu 7 cm wird als Reisig oder Reisholz bezeichnet. Das Stockholz entspricht der unterirdischen Holzmasse und enthält auch den Teil des Baumschaftes, der nach dem Fällen an den Wurzeln verbleibt (Stinglwagner et al. 2005). Schaftholz ist im Gegensatz dazu „das Holz des durchgehenden liegenden oder stehenden Stammes bis zum äußersten Wipfel“ (Stinglwagner et al. 2005, p. 740).

Die Holzvorräte lagen zunächst jeweils als Gesamtwerte für bestimmte Flächen vor (siehe zB Landesforstinspektion für Tirol 1979), und wurden durch Division durch die entsprechenden Flächen in den GIS-Karten in Derbholzvorräte ($t\ ha^{-1}$) umgerechnet. Erst nach Beendigung aller Bearbeitungen und Verschneidungen wurden die Werte durch Multiplikation mit den jeweiligen Flächen in den GIS-Karten wieder in Gesamtwerte umgerechnet.

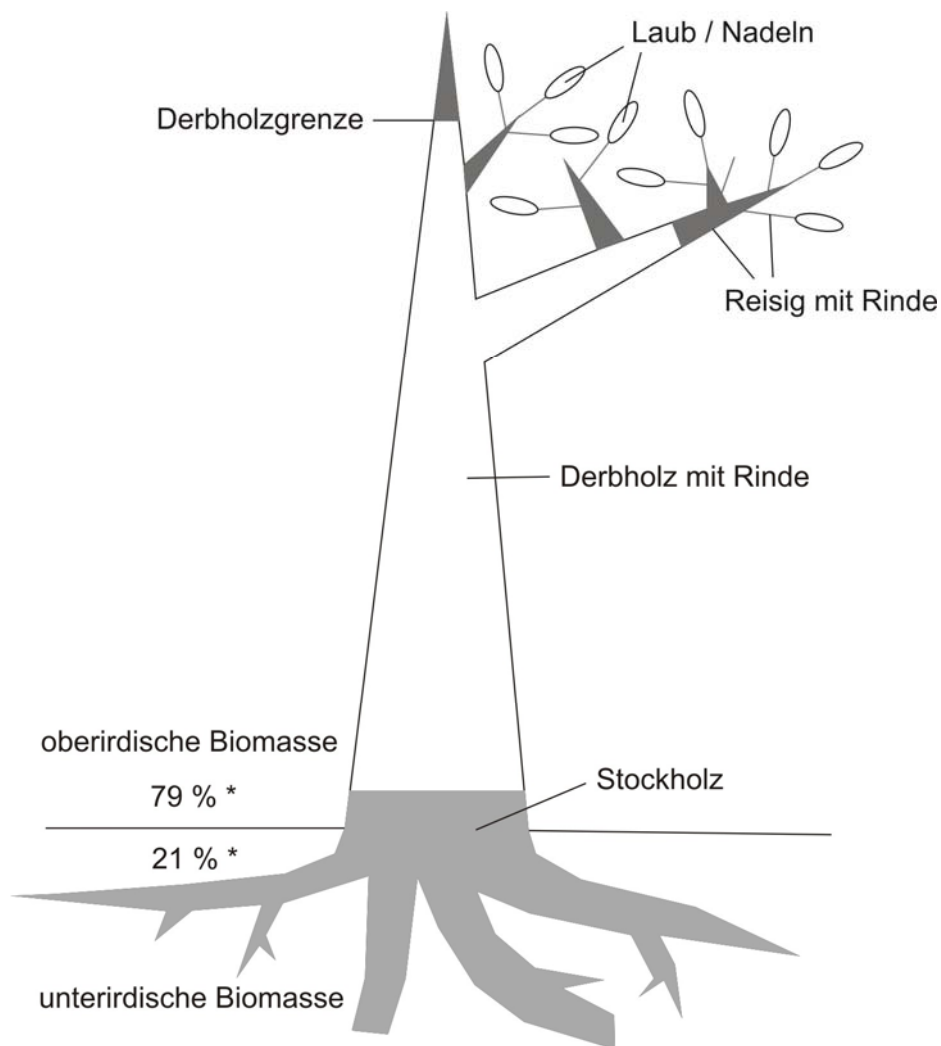


Abb. 10: Schematische Darstellung der Komponenten eines Baumes, in Anlehnung an die Darstellung von Dieter et al. (2001). *Die prozentuellen Anteile der ober- und unterirdischen Biomasse stellen einen Mittelwert für Fichte von 21 bis 120 Jahren dar, und beruhen auf Werten von Nihlgard und Lindgren (1977), Ellenberg et al. (1986), Bauer (1989) sowie Körner et al. (1993).

Die Umrechnung von Holzvorrat in Gesamtbaumbiomasse erfolgte in Anlehnung an die in IPCC (2003) vorgeschlagene Vorgangsweise: Die in Derbholz vorliegenden Holzvorräte (Holzvolumina) in vfm ha^{-1} wurden zunächst durch Multiplikation mit der Holzdichte in die Derbholzmasse in t ha^{-1} umgewandelt. Für die Multiplikation mit der Holzdichte wurde jeweils der von der IPCC (2003) vorgeschlagene Wert für Fichte ($0,4 \text{ t m}^{-3}$) nach Dietz (1975) verwendet. In einem zweiten Schritt wurde die Derbholzmasse dann mit einem Faktor für die Hochrechnung auf die gesamte Baumbiomasse multipliziert (nach IPCC 2003).

Umrechnung von Derbholzvolumen auf Gesamtbaumbiomasse

$$\mathbf{BBM = V \bullet D \bullet BEF} \quad (\text{nach IPCC 2003})$$

BBM = Gesamtbaumbiomasse in t ha⁻¹

V = Derbholzvolumen in vfm ha⁻¹

D = Holzdichte in t m⁻³

BEF = biomass expansion factor – Faktor für die Hochrechnung von Derbholzmasse auf Gesamtbaumbiomasse

(nach IPCC 2003)

Tab. 4: Faktoren (BEFs) für die Umrechnung von Derbholz in Gesamtbaumbiomasse getrennt nach Altersklassen (nach Kramer und Krüger 1981), sowie die Zuordnung von Bestandesklassen zu den einzelnen Altersklassen (Altersklasse I: Jungwuchs 75%, Dickung 25% der Fläche; Altersklasse II: Dickung 50%, Stangenholz 50% der Fläche).

Bestandesklasse	Altersklasse	BEF (nach Kramer und Krüger 1981)
Jungwuchs - Dickung	I (1-20)	-
Dickung - Stangenholz	II (21-40)	2,10
Stangenholz	III (41-60)	1,63
größtenteils Baumholz	IV (61-80)	1,50
Baumholz	V (81-100)	1,49
Altholz	VI (101-120)	1,46
Altholz	VII (121-140)	1,44
Altholz	VIII (141-160)	1,45

Tab. 5: Faktoren (BEFs) für die Hochrechnung der Derbholzmasse von Stangenholz, Baumholz und Altholz 1976 und 2000 auf die Gesamtbaumbiomasse, berechnet nach Kramer und Krüger (1981).

Bestandesklasse	BEF (nach Kramer und Krüger 1981)
Stangenholz	1,79
Baumholz	1,49
Altholz	1,45

Als Grundlage für die Faktoren zur Hochrechnung von Derbholzmasse auf die Gesamtbaumbiomasse diente die Arbeit von Kramer und Krüger (1981). Diese beinhaltet, jeweils getrennt für die Altersklassen I bis VIII, für die damalige Bundesrepublik Deutschland Biomassenvorräte pro ha für Fichte, sowie die prozentuellen Anteile von Stockholz, Derbholz (Derbholz ohne Rinde sowie Derbholzrinde), Reisig mit Rinde und Laub / Nadeln (Kramer und Krüger 1981). Diese Vorräte wurden für die einzelnen Altersklassen in Faktoren (BEFs) zur Hochrechnung der Derbholzmassen umgerechnet (siehe Tab. 4). Die Werte für Fichte wurden für den gesamten Waldbestand übernommen, da in Neustift im Stubaital die Fichte als Waldbaumart deutlich vorherrscht (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), etwaige Abweichungen bei anderen Baumarten aufgrund der beschränkten Genauigkeit der Hochrechnungsfaktoren nicht ins Gewicht fallen, und Latschen und Grünerlenbestände in der Folge extra behandelt wurden.

In der Altersklasse I ist noch kein Derbholz vorhanden (Kramer und Krüger 1981), da Derbholz erst ab einem Durchmesser von über 7 cm ausgewiesen wird (Stinglwagner et al. 2005). Daher ist auch kein Umrechnungsfaktor vorhanden. In der Altersklasse II ist der Faktor noch deutlich größer als in den höheren Altersklassen, da hier ein größerer Anteil des Holzes einen Durchmesser von 7 cm noch nicht erreicht hat als in den höheren Altersklassen. Ab Altersklasse III nimmt der Faktor zwar noch leicht ab, bleibt aber im selben Größenordnungsbereich.

1976 und 2000 ist die Fläche nicht in Altersklassen, sondern in Bestandesklassen unterteilt (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Daher wurden die Bestandesklassen entsprechend der Tab. 2 (Kapitel 2.2) Altersklassen zugeordnet, und dementsprechende mittlere Faktoren (BEFs) für die Hochrechnung der Bestandesklassen Stangenholz, Baumholz und Altholz berechnet (siehe Tab. 5).

Ob es sich bei den Holzvorratswerten 1947 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948) um Derbholz oder Schaftholz handelt, konnte nicht mit 100%iger Sicherheit festgestellt werden. Unter der Annahme, dass es sich um Derbholz handelt, wurde die Holzmasse 1947 ab Altersklasse III in Anlehnung an Kramer und Krüger (1981) mit dem Faktor 1,5 multipliziert. Dieser Hochrechnungsfaktor 1,5 entspricht gleichzeitig in etwa dem Faktor, mit dem das Schaftholz (Nadelholz) des österreichischen Ertragswaldes 1990 hochgerechnet wurde (Weiss et al. 2000). Ebenso wurden alle in Festmeter (fm) vorliegenden Holzvorratswerte von 1834 mit dem Faktor (BEF) 1,5 auf die Gesamtbaumbiomasse hochgerechnet.

2.3.3 Ergänzung fehlender Biomassewerte

Für Flächen der Altersklassen I und II waren 1947 keine Holzvorräte angegeben, nur für Restbestände an älterem Holz in diesen Flächen waren Holzvorratswerte vorhanden (siehe Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Diese Werte waren aber meist geringer als die Biomasse, die der Jungbestand auf der gesamten Fläche einnehmen würde. Daher wurden die Gesamtbiomassewerte für die Flächen 1947 der Altersklassen I und II neu zugewiesen, und die Holzvorräte der Altholzrestbestände nicht miteinbezogen. Verwendet wurden die Biomassewerte (t ha^{-1}) für Fichte für die Altersklassen I und II nach Kramer und Krüger (1981). Diese sind jeweils für den Bestockungsgrad von 1,0 angegeben, wobei dieser für die Altersklasse I durch Interpolation berechnet wurde (Kramer und Krüger 1981). Für die Zuweisung in den Flächen 1947 wurden die Biomassewerte immer mit dem jeweiligen Bestockungsgrad auf der Fläche, der jeweils für die einzelnen Flächen im Waldwirtschaftsplan 1948 angegeben war (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), multipliziert.

In den Waldwirtschaftsplänen von 1976 und 2000 waren keine Angaben zum Holzvorrat von Jungwuchs, Dickung und Schutzwald außer Ertrag (SaE) vorhanden (siehe Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Daher wurden in den Karten folgende Werte für die Baumbiomasse zugefügt (siehe Tab. 6):

Tab. 6: In den Waldwirtschaftskarten von 1976 (*; Landesforstinspektion für Tirol 1979) und 2000 (°; Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion) ergänzte Gesamtbaumbiomassewerte. Quellen: ¹ Landesforstdirektion Tirol 2004; ² Dietz 1975; ³ Körner et al. 1993; ⁴ Bauer 1989; ⁵ Hager 1988; ⁶ Österreichischer Forstverein 1992; ⁷ Kramer und Krüger 1981; ⁸ Gassebner 1986; ⁹ Tappeiner et al. 2008b; ¹⁰ Bitterlich 1998; ¹¹ Seeber und Seeber 2005.

Waldkategorien	Gesamtbaumbiomasse (t ha ⁻¹)
Jungwuchs • °	1,09 ^{1 2 3 4 5}
Dickung • °	42,00 ^{1 2 6 7}
SaE •	168,20 ^{2 7 8}
SaE Hochwald °	168,20 ^{2 7 8}
SaE Krummholz °	72,06 ^{9 10 11}

Diese Werte kamen folgendermaßen zustande: Für Jungwuchs wurde im Waldwirtschaftsplan 2000 eine maximale Höhe von 1,3 m angegeben (Landesforstdirektion Tirol 2004). Das mittlere Volumen des Schaftholzes wurde berechnet, entsprechend Kapitel 2.3.2 (nach IPCC 2003) mit der Holzdichte (Dietz 1975) sowie zur Hochrechnung auf die Gesamtbaumbiomasse mit 2 multipliziert (in Anlehnung an Körner et al. 1993, nach Hager 1988, Bauer 1989). Dickung Fichte hat bei einem mittleren Alter von rund 30 Jahren und einer mittleren Ertragsklasse 7 (Landesforstdirektion Tirol 2004) nach den Ertragstafeln von Marschall (Fichte Hochgebirge) (Österreichischer Forstverein 1992) einen Derbholzvorrat von ca. 50 vfm ha⁻¹. Dieser wurde mit der Holzdichte (Dietz 1975) sowie zur Hochrechnung auf den Gesamtbaum mit 2,1 (nach Kramer und Krüger 1981) multipliziert.

Der Schutzwald außer Ertrag (SaE) war teilweise gesamt, teils unterteilt in SaE Hochwald und SaE Krummholz vorhanden (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Für SaE Krummholz wurde der Gesamtbiomassewert aus Tappeiner et al. (Bitterlich 1998, Seeber und Seeber 2005, Tappeiner et al. 2008b) für Krummholz verwendet. Für den restlichen SaE dienten Holzvorratswerte aus Gassebner (1986) als Grundlage. Dieser führte in Neustift im Stubaital im Schutzwald Bestandesaufnahmen durch (Gassebner 1986). Berechnet wurde der mittlere Holzvorrat aller Bestandesaufnahmen, die im SaE durchgeführt wurden. Vorratswerte über 500 vfm ha⁻¹ wurden dabei nicht berücksichtigt. Der mittlere Holzvorrat wurde mit der Holzdichte (Dietz 1975) sowie, da die verwendeten Bestände meist deutlich über 100 Jahre alt waren (Gassebner 1986), zur Hochrechnung auf die Gesamtbaumbiomasse mit 1,45 (nach Kramer und Krüger 1981) multipliziert.

2.4 Ergänzung fehlender Waldflächen und deren Biomassewerte 1947, 1976 und 2000

2.4.1 Ausweitung auf die Gesamtwaldfläche

Auch außerhalb der für die Waldwirtschaftspläne relevanten Waldflächen und außerhalb der Gemeinschaftswaldgrenzen stockt Wald, der in den Karten 1947, 1976 und 2000 nicht berücksichtigt wurde. Diese Waldflächen wurden aus Geodatenätzen von 1954, 1973 und 2003 von Benter et al. (2003) ergänzt (Tab. 7, Abb. 11), in denen die Verteilung der Lebensräume in den einzelnen Jahren abgegrenzt war (Benter et al. 2003). Die Ergänzung der fehlenden Waldflächen aus den Daten von 1954, 1973 und 2003 erfolgte in Ermangelung von vollständigen Waldflächendaten von 1947, 1976 und 2000, unter der Annahme, dass sich die Waldfläche in den dazwischen vergangenen drei bzw. sieben Jahren nicht allzu stark verändert hat. In allen drei Jahresschnitten, besonders aber 1947, wo die Zeitdifferenz am größten war, gab es einige Flächen über 4 ha, auf denen im Waldwirtschaftsplan Wald vorhanden war, auf den Gesamtwaldflächen von 1954, 1973 und 2003 (Benter et al. 2003) jedoch nicht. Da es sich grundsätzlich um eine Auswertung der Waldwirtschaftsplan­daten handelt, wurden alle Waldflächen belassen.

Tab. 7: Jahreszahlen der Waldflächendaten, um die die ursprünglichen, aber unvollständigen Waldflächendaten aus den Waldwirtschaftsplänen von 1947, 1976 und 2000 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) ergänzt wurden, sowie die Zeitdifferenz in Jahren innerhalb der zusammengeführten Daten.

Daten Waldwirtschaftsplan von	ergänzt um Daten von	Zeitdifferenz (Jahre)
1947	1954	+ 7
1976	1973	- 3
2000	2003	+ 3



Abb. 11: Ausweitung der Waldflächen der Waldwirtschaftsplankarten von 1947, 1976 und 2000 (hellgrau gefüllte Flächen; Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004) mit Hilfe der gesamten Waldflächen von 1954, 1973 und 2003 (Benter et al. 2003; dunkel umrandete, nicht gefüllte Flächen). Die Summe der Teilflächen beider Karten ergibt die Gesamtwaldfläche, mit der weitergearbeitet wurde.

Da im Wald von Neustift im Stubaital Fichte vorherrscht (Benter et al. 2003), wurden die meisten Holzvorratswerte, wie oberhalb im Detail beschrieben, mit Hochrechnungsfaktoren für Fichte auf die Gesamtbaumbiomasse hochgerechnet. Innerhalb und außerhalb der Waldwirtschaftsflächen kommen aber auch Grünerlengebüsche, Latschengebüsche und Lärchwiesen vor (Benter et al. 2003), für die die bisher verwendeten Faktoren bzw. ergänzten Werte nicht zutreffen. Diese wurden daher 1947, 1976 und 2000 gesondert behandelt: In den Geodatensätzen von Benter et al. (2003) waren Grünerlengebüsche, Latschengebüsche und Lärchwiesen extra ausgewiesen. Die Flächen dieser drei Kategorien wurden sowohl innerhalb als auch außerhalb der Waldwirtschaftsplanflächen übernommen, und als Biomassewerte die Werte aus Tab. 8 verwendet.

Tab. 8: Verwendete Gesamtbaumbiomassewerte (in t ha⁻¹) für die Kategorien Grünerlengebüsche, Latschengebüsche und Lärchwiesen. Quellen: ¹ Tappeiner et al. 2008b; ² Kircher 1993; ³ Klug-Pümpel 1978; ⁴ Bitterlich 1998; ⁵ Seeber und Seeber 2005; ⁶ Havranek und Matyssek 2005; ⁷ Li et al. 2003; ⁸ Rubatscher et al. 2006.

Waldkategorien	Gesamtbaumbiomasse (t ha ⁻¹)
Grünerlengebüsche	41,34 ^{1 2 3}
Latschengebüsche	72,06 ^{1 4 5}
Lärchwiesen	169,88 ^{1 6 7 8}

2.4.2 Biomassewerte außerhalb der Waldwirtschaftsplanflächen

Im vergangenen Schritt wurden die Flächen der Waldwirtschaftsplanarten um noch fehlende Waldflächen erweitert. Diese Erweiterungsflächen hatten nun aber – abgesehen von Grünerlen, Latschen und Lärchwiesen – noch keine Biomassewerte zugewiesen. Diese wurden folgendermaßen ergänzt: Die Gesamtwaldflächen der einzelnen Jahre (1861, 1954, 1973, 2003; Benter et al. 2003) wurden im GIS verschnitten, und für die noch biomasselosen Waldflächen eruiert, ab welchem Jahr hier bereits Wald vorhanden war. Dementsprechend konnte einzelnen Flächen jeweils ein mittleres Alter zugewiesen werden: War bereits davor Wald vorhanden, so wurde dieses Mindestalter der Waldflächen als mittleres Alter verwendet. War davor noch kein Wald vorhanden, so muss er innerhalb der seither vergangenen Zeit entstanden sein. Als mittleres Alter wurde hier die Hälfte der seither vergangenen Zeit festgelegt.

Über das mittlere Alter konnten die einzelnen Flächen dann jeweils einer Altersklasse bzw. Bestandesklasse zugewiesen werden. Berechnet wurde dann der mittlere Biomassewert (t ha⁻¹) aller Flächen im entsprechenden Jahr, die derselben Alters- bzw. Bestandesklasse angehören. Dieser Wert wurde für die entsprechenden Restflächen verwendet (siehe Tab. 9).

Tab. 9: Zusammenstellung der verwendeten Gesamtbaumbiomassewerte (in t ha⁻¹) für die entsprechenden Restflächen (*Benter et al. 2003).

Jahr*	Flächen bewaldet seit*	mittleres Alter der Waldflächen (Jahre)	Altersklasse / Bestandesklasse	Gesamtbaumbiomasse (t ha⁻¹)
1954	1861	93	Altersklasse V	85,87
	-	46,5	Altersklasse III	49,13
1973	1861	112	Altholz	194,54
	1954	19	Dickung	42,00
	-	9,5	Jungwuchs	1,09
2003	1861	142	Altholz	346,00
	1954	49	Stangenholz	228,19
	1973	30	Dickung	42,00
	-	15	Jungwuchs	1,09

2.5 Baumbiomasse 1861

Aus dem Geodatensatz der Lebensräume 1861 von Benter et al. (2003) wurden alle Waldflächen verwendet. Da hier keine Biomasse- oder Holzvorratswerte vorlagen, wurde ein Mittelwert zwischen 1834 und 1947 berechnet. Dafür wurde zunächst für 1834 und 1947 jeweils ein flächengewichteter mittlerer Baumbiomassewert (t ha⁻¹) berechnet. Aus diesen beiden Werten wurde dann ein nach der Zeit gewichteter Mittelwert für 1861 berechnet. Dieser Wert wurde für alle Waldflächen 1861 verwendet.

2.6 Kohlenstoffvorräte

Zur Ermittlung des Kohlenstoffvorrats der Gesamtbaumbiomasse der Waldbestände wurden die berechneten Gesamtbaumbiomassen jeweils mit dem Faktor 0,5 multipliziert (nach IPCC 2003).

$$C = \text{BBM} \bullet 0,5 \quad (\text{nach IPCC 2003})$$

C = Kohlenstoffvorrat in der Gesamtbaumbiomasse, in t ha⁻¹

BBM = Gesamtbaumbiomasse, in t ha⁻¹

(nach IPCC 2003)

3 Ergebnisse

3.1 Alter der Bestände

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war, herauszufinden, ob das Alter der Waldbestände in der Vergangenheit zugenommen hat. Altersinformationen waren flächenbezogen für 1947, 1976 und 2000 verfügbar: 1947 für alle Flächen aus dem Waldwirtschaftsplan, die auch in der zugehörigen Karte des hinteren Stubaitals vorhanden waren (ca. 18 % der gesamten Waldfläche 1947); 1976 und 2000 nur für die Flächen im Ertrag der Waldwirtschaftspläne (ca. 25 % der gesamten Waldfläche 1976, ca. 23 % der gesamten Waldfläche 2000; Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004). Die einzelnen Gesamtflächen waren unterschiedlich groß und lagen nicht deckungsgleich. Vor allem 1947 lagen die Flächen mit Altersinformation zu einem großen Teil auf Flächen, für die diese Information 1976 und 2000 nicht vorhanden war. Die Flächen mit Altersinformation 1976 und 2000 waren dagegen zu einem großen Teil deckungsgleich.

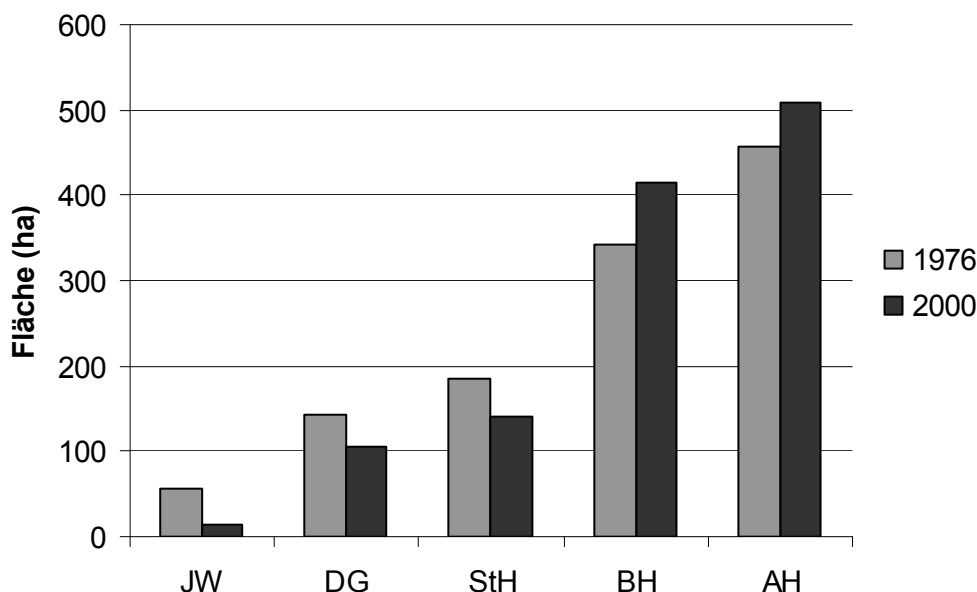


Abb. 12: Flächenanteile (in ha) der Bestandesklassen (JW Jungwuchs, DG Dickung, StH Stangenholz, BH Baumholz, AH Altholz) innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1976 und 2000 (1182,7 ha).

Die deckungsgleichen Flächen mit Altersinformation 1976 und 2000 (19 % der Gesamtfläche 1976 bzw. 18 % der Gesamtfläche 2000) wurden vergleichend untersucht (Abb. 12). Von 1976 bis 2000 nahmen die Flächenanteile der älteren Bestandesklassen deutlich zu (Altholz

von 39 % auf 43 %, Baumholz von 29 % auf 35 % der untersuchten Fläche), die der jüngeren Bestandesklassen nahmen ab (Jungwuchs von 5 % auf 1 %, Dickung von 12 % auf 9 %, Stangenholz von 16 % auf 12 %). Das durchschnittliche Alter der hier untersuchten Waldbestände nahm also in den 24 Jahren zwischen 1976 und 2000 zu.

Die Flächen, die eine Altersinformation sowohl für 1947 als auch für 1976 und 2000 enthielten, nahmen nur mehr ca. je 4 % der gesamten Waldflächen 1947, 1976 und 2000 ein (siehe Abb. 13). Sie befanden sich im hinteren Stubaital ab Krößbach zwischen 1000 und 1800 m Seehöhe (entsprechend dem Höhenmodell, Jarvis et al. 2008). Dazu gehörten unter anderem Teile des Schattseitigen Krößbacherwalds, des Sonnseitigen und Schattseitigen Falbesonwalds, des Templwalds, des Ebendlas-Walds und des Grawawalds (Landesforstinspektion für Tirol 1979).

Wie bei der Untersuchung der größeren Fläche (siehe Abb. 12) konnte auch auf den Flächen mit Altersinformation 1947, 1976 und 2000 für den Zeitraum zwischen 1976 und 2000 ein tendenzieller Rückgang der jüngeren (Jungwuchs, Stangenholz) und Anstieg der älteren Bestandesklassen (Baumholz, Altholz) festgestellt werden (Abb. 14). Der Flächenanteil der Dickung nahm allerdings im hinteren Stubaital ab Krößbach von 1976 bis 2000 zu.

Von 1947 bis 1976 stiegen auf der untersuchten Fläche (Abb. 13) – genau entgegengesetzt zum Trend ab 1976 – die Flächenanteile der jüngeren Bestandesklassen Jungwuchs, Dickung und Stangenholz, die der älteren Bestandesklassen Baumholz und Altholz sanken (Abb. 14).

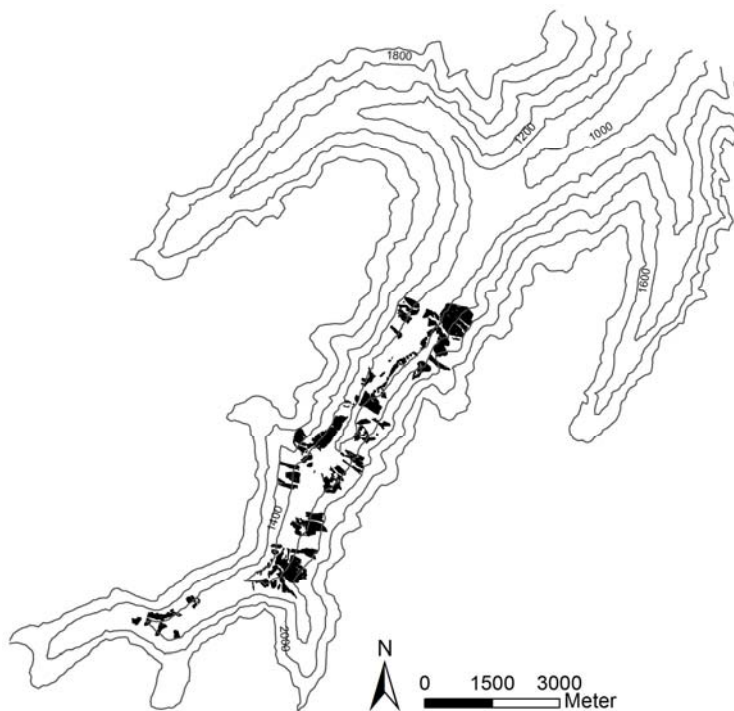


Abb. 13: Verteilung der Waldflächen, für die 1947, 1976 und 2000 eine Altersinformation vorhanden war, im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital (nach Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004; Höhenmodell, Jarvis et al. 2008).

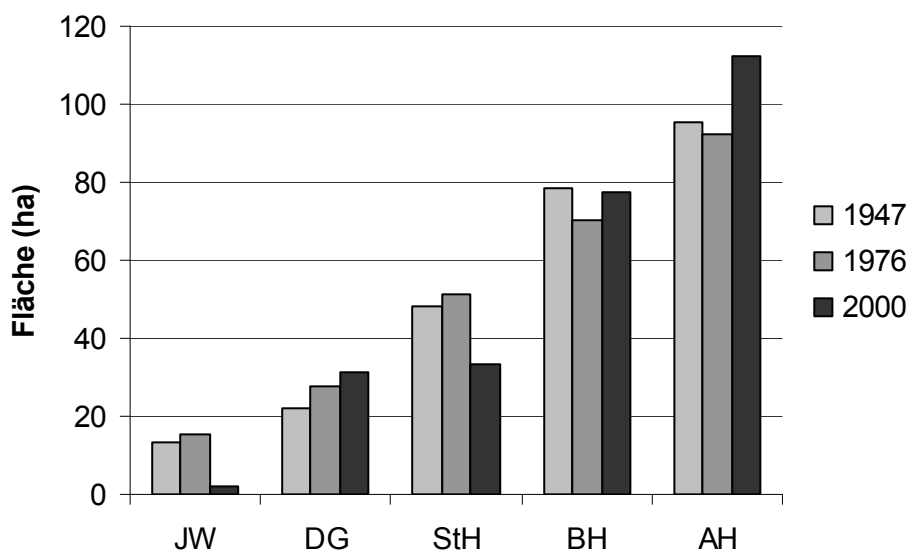


Abb. 14: Flächenanteile (in ha) der Bestandesklassen (JW Jungwuchs, DG Dickung, StH Stangenholz, BH Baumholz, AH Altholz) innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1947, 1976 und 2000 (257,0 ha).

3.2 Gesamtbaumbiomasse der Bestände

Gesamtergebnisse

Die gesamte Baumbiomasse im Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital nahm von 1947 bis 2000 um mehr als 100 % zu, und stieg von 1834 bis 2000 nach den Ergebnissen dieser Untersuchung sogar noch deutlich stärker an (siehe Abb. 15), von ca. 185 000 t im Jahr 1834, über ca. 539 000 t (1947) und ca. 829 000 t (1976) bis hin zu 1 265 000 t im Jahr 2000. Dabei war der Anstieg der Baumbiomasse besonders ab 1947 hoch. Die Baumbiomasse auf der Waldfläche, die im Jahr 1861 bereits bewaldet war (nach Benter et al. 2003), nahm von 1947 bis 1976 um 68 % zu, von 1976 bis 2000 um 45 %. Die Waldbaumbiomasse der 1861 nicht bewaldeten Fläche (nach Benter et al. 2003) dagegen nahm – entsprechend den hier verwendeten Annahmen zur Hochrechnung – von 1947 bis 1976 kaum zu, von 1976 bis 2000 um 89 %.

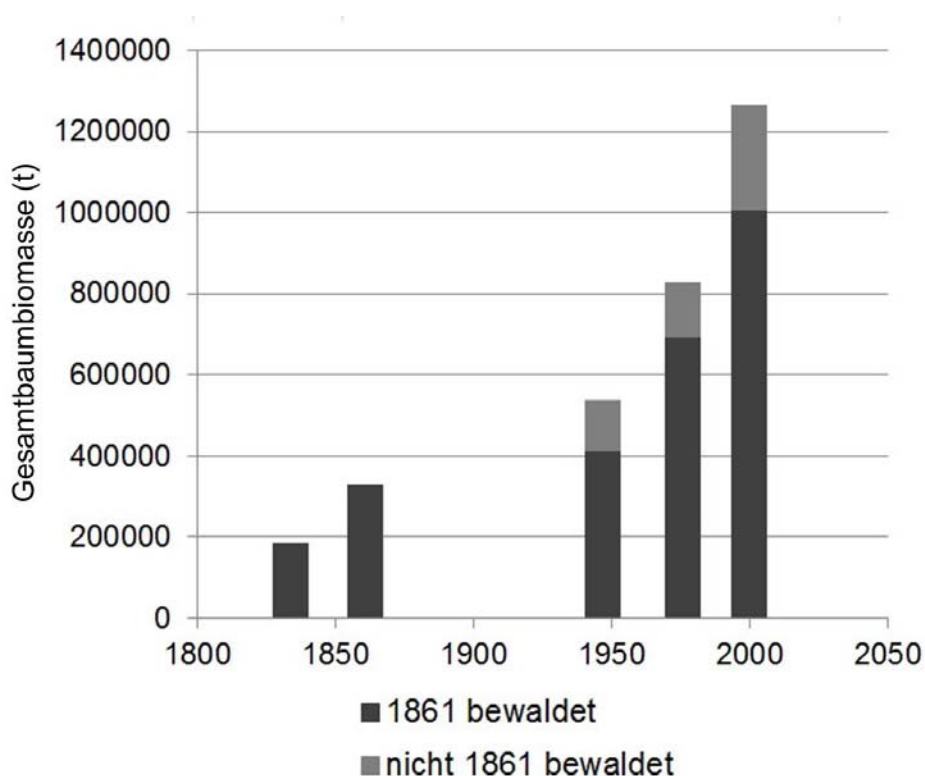


Abb. 15: Gesamte im Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital vorhandene Baumbiomasse (in t) 1834, 1861, 1947, 1976 und 2000, getrennt dargestellt für die Flächen, die 1861 bewaldet bzw. nicht bewaldet waren (nach Benter et al. 2003).

Die flächengewichtete mittlere Baumbiomasse nahm von 1834 bis 2000 um etwas mehr als 200 % zu, von 61,9 t ha⁻¹ auf 194,3 t ha⁻¹ (Tab. 10).

Tab. 10: Mittlere Gesamtbaumbiomasse (in $t\ ha^{-1}$) in den einzelnen Jahren (flächengewichteter Mittelwert aller Baumbiomassen ($t\ ha^{-1}$)).

	1834	1861	1947	1976	2000
Gesamtbaumbiomasse ($t\ ha^{-1}$)	61,9	68,5	89,6	136,0	194,3

Die Baumbiomasse nahm pro Jahr am Hektar zwischen 1834 und 1947 um jeweils ca. 0,2 t pro Jahr zu, von 1947 bis 1976 bereits um 1,6 t pro Jahr, sowie von 1976 bis 2000 sogar um 2,4 t pro Jahr. Auch der Anstieg der Gesamtbaumbiomasse pro Jahr nahm von 1861 – 1947 bis 1976 – 2000 deutlich zu (Tab. 11).

Tab. 11: Zunahme der Baumbiomasse (in $t\ Jahr^{-1}$, bzw. in $t\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital zwischen den einzelnen Zeitschnitten.

Zunahme	Biomasse ($t\ Jahr^{-1}$)	Biomasse ($t\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$)
1834 - 1861		0,2
1861 - 1947	2444,4	0,2
1947 - 1976	9986,8	1,6
1976 - 2000	18170,2	2,4

Ergebnisse innerhalb der Bestandesklassen

Die genauesten Biomassewerte basierten auf Holzvorratswerten aus den Waldwirtschaftsplänen. Diese lagen 1947, 1976 und 2000 nur für Stangenholz, Baumholz und Altholz vor (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) – 1947 mit der Einschränkung, dass ein Teil des Stangenholzes über einen ergänzten Wert berechnet wurde. Der Vergleich dieser Baumbiomassen zeigte innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation 1947, 1976 und 2000 einen annähernd gleichmäßigen Anstieg der mittleren Biomasse pro Hektar im Stangenholz und Baumholz von 1947 bis 2000 (siehe Abb. 16). Das Stangenholz stieg allerdings nach 1976 etwas schwächer an als davor, das Baumholz dagegen stärker. Im Gegensatz dazu sank die Biomasse des Altholzes von 1947 bis 1976 sogar unter den Wert des Baumholzes, stieg dann aber bis 2000 umso stärker wieder an und lag 2000 deutlich über dem Wert des Baumholzes. Ob die Biomasseentwicklung zwischen den einzelnen Zeitschritten allerdings kontinuierlich verlief, konnte in dieser Arbeit nicht untersucht werden.

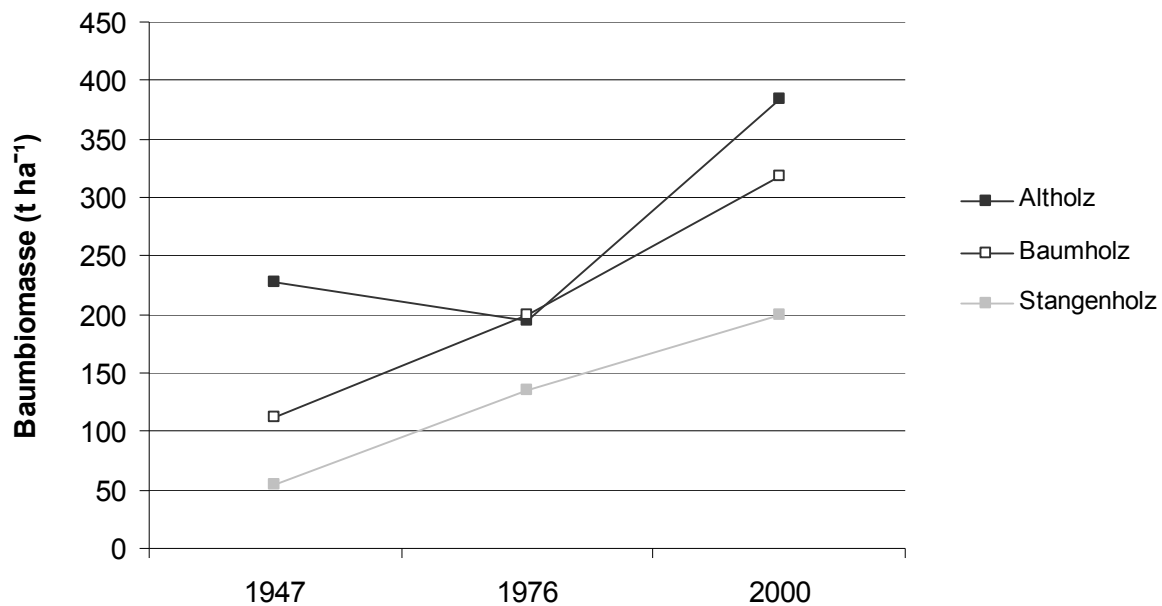


Abb. 16: Veränderung der innerhalb der Bestandesklassen Stangenholz, Baumholz und Altholz vorhandenen Baumbiomassen (in t ha^{-1}) von 1947 bis 2000 (flächengewichtete Mittelwerte) – innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1947, 1976 und 2000.

Verteilung der Baumbiomasse auf der Fläche

Da für alle fünf Zeitschnitte die Verteilung der Baumbiomasse auf der Fläche in Form von Karten bzw. GIS-Shapefiles vorhanden war, wurden auch diese Verteilungen vergleichend ausgewertet. Diese Verteilungen waren allerdings nur so genau wie die zugrunde liegenden Daten und die ergänzten Modellannahmen. Abb. 18a und 18b zeigen die Verteilung der Baumbiomassen auf den Waldflächen im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital entsprechend der in dieser Arbeit verwendeten Vereinfachungen.

Im Jahr 1834 stockten auf fast 60 % der Waldfläche Baumbiomassevorräte von bis zu 60 t ha^{-1} , auf fast 35 % Vorräte von 60 bis 120 t ha^{-1} (siehe Abb. 17). Auf zwei Flächen stockte laut Berechnung eine Biomasse über 120 t ha^{-1} . Dabei handelte es sich um mittlere Biomassenwerte größerer Waldteile, lokal waren auch noch höhere Biomassen möglich. Der für 1861 berechnete mittlere Biomassewert fiel in den Bereich zwischen 60 und 120 t ha^{-1} . 1947 war auf ca. 20 % der Waldfläche ein Biomassevorrat von bis zu 60 t ha^{-1} vorhanden, auf über 60 % ein Vorrat zwischen 60 und 120 t ha^{-1} . Über 10 % besaßen einen Vorrat zwischen 120 und 180 t ha^{-1} . Höhere Biomassewerte lagen nur für Flächen vor, die auch im Waldwirtschaftsplan 1948 beschrieben wurden, und für die daher genauere Informationen vorlagen. Diese befanden sich eher im hinteren Stubaital, und zum größeren Teil auf den nordwestexponierten Hängen auf der orographisch rechten Seite der Ruetz (siehe Abb. 18a).

Im Jahr 1976 war bereits auf ca. 30 % der Waldfläche ein Biomassevorrat von 120 bis 180 t ha⁻¹ vorhanden, auf über 30 % sogar ein Vorrat von 180 bis 240 t ha⁻¹. Auf ca. 20 % stockte ein Vorrat von 60 bis 120 t ha⁻¹, auf ca. 15 % ein Vorrat von bis zu 60 t ha⁻¹ (siehe Abb. 18b). Im Jahr 2000 war ein Biomassevorrat von 300 bis 360 t ha⁻¹ bereits auf einem Viertel der gesamten Waldfläche vorhanden. Dieser stockte größtenteils im äußeren Teil des Gemeindegebiets von Neustift im Stubaital, unter anderem im Wald südöstlich von Neder und Kampfl sowie im Bereich des Milderer Bergs. Auf ca. 10 % der Waldfläche stockte ein Biomassevorrat von 180 bis 240 t ha⁻¹, auf fast 30 % ein Vorrat von 120 bis 180 t ha⁻¹, und auf ca. 20 % ein Vorrat von 60 bis 120 t ha⁻¹. Die höchsten Biomassevorräte im Jahr 2000 fielen in die Bereiche zwischen 360 und 420 t ha⁻¹, sowie (0,25 % der Waldfläche) sogar zwischen 480 und 540 t ha⁻¹. Diese waren wie 1947 größtenteils auf den nordwestexponierten Hängen auf der

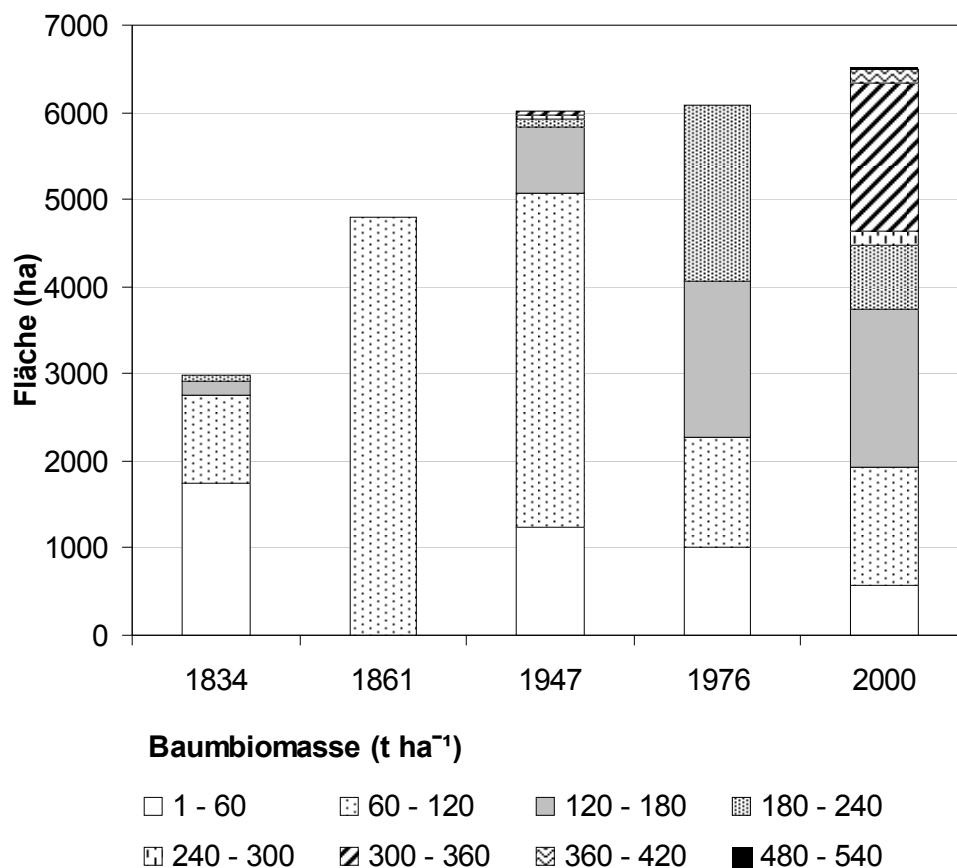


Abb. 17: Verteilung der Waldflächen (nach Tiroler Landesarchiv 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004) in den einzelnen Jahren auf die Baumbiomassekategorien zu je 60 t ha⁻¹.

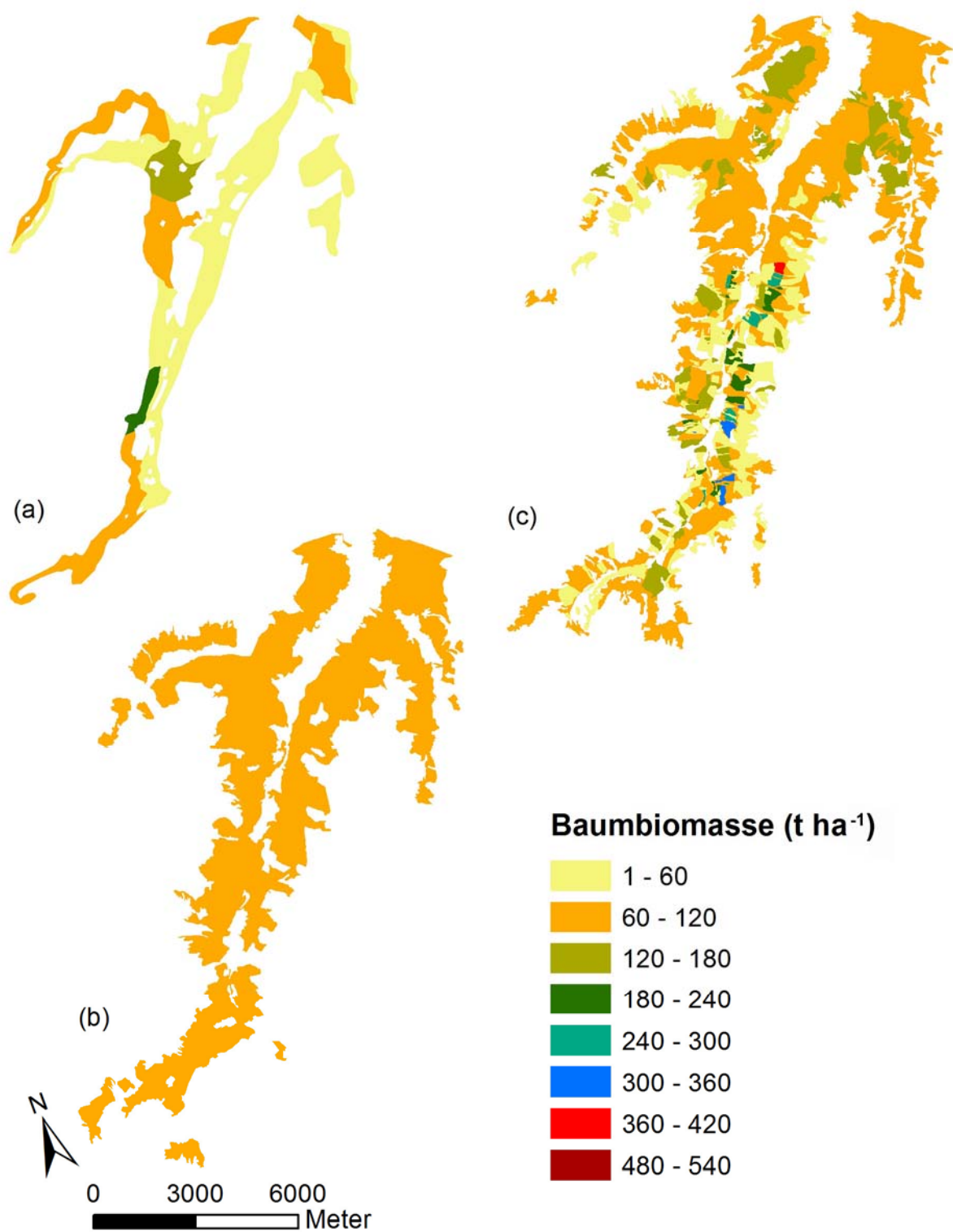


Abb. 18a: Verteilung der Baumbiomasse (in $t\ ha^{-1}$) auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital (a) 1834; (b) 1861; (c) 1947. Bearbeitete Kartengrundlagen: Tiroler Landesarchiv 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Benter et al. 2003.

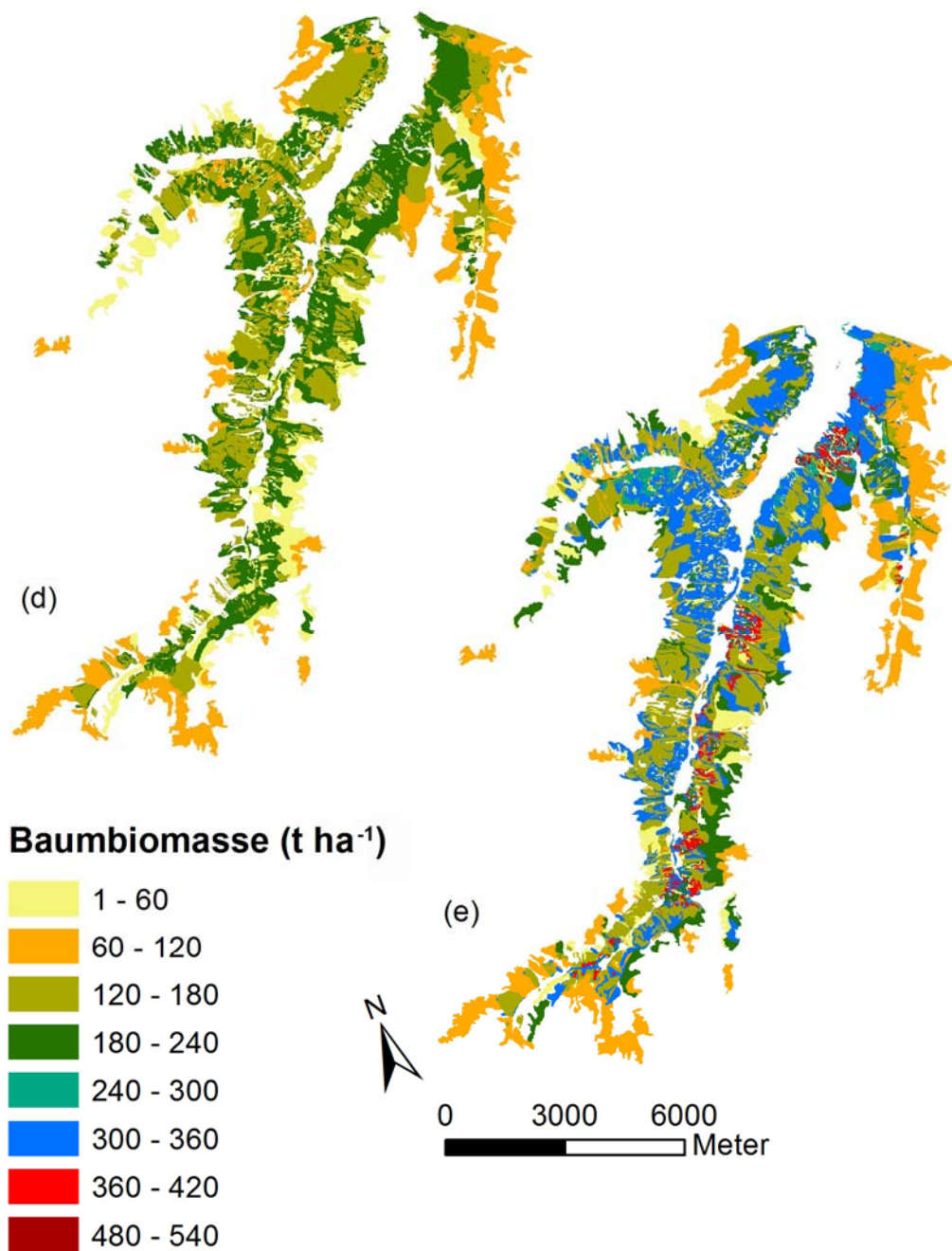


Abb. 18b: Verteilung der Baumbiomasse (in t ha⁻¹) auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital (d) 1976; (e) 2000. Bearbeitete Kartengrundlagen: Landesforstin-spektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landes-forstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004.

orographisch rechten Seite der Ruetz vorhanden, unter anderem südöstlich von Krößbach und Gasteig sowie bei Ranalt. Die höchsten Biomassevorräte (487,2 t ha⁻¹) befanden sich im Bereich des Leherwaldes und Obergasslerwaldes südöstlich des Ortszentrums von Neustift im Stubaital.

Tab. 12: Verteilung der Waldflächen mit Angabe des Lebensraumtyps (Benter et al. 2003) auf die Baumbiomasseklassen zu je 60 t ha⁻¹ (1: 1 – 60, 2: 60 – 120, 3: 120 – 180, 4: 180 – 240, 5: 240 – 300, 6: 300 – 360, 7: 360 – 420, 8: 420 – 480, 9: 480 – 540 t ha⁻¹). Angegeben sind jeweils die Flächenanteile (in %) an der Gesamtfläche mit Angabe des Lebensraumtyps, getrennt für 1947, 1976 und 2000, gerundet auf jeweils eine Kommastelle. Werte unter 0,05 wurden auf 0,0 abgerundet.

Flächenanteile 1947 (%)	Baumbiomasseklassen						
Lebensräume	1	2	3	4	5	6	7
bestockte Wiesen und Weiden			12,2				
Föhrenwald	0,0	1,5					
Feucht- und Auwälder	0,8	1,1	0,0	0,1	0,0		
Grünerlengebüsch	0,5						
Latschengebüsch		18,8					
Mischwald	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
Nadelwald der montanen Stufe	3,3	20,5	0,6	0,8	0,6	0,3	0,1
Nadelwald der subalpinen Stufe	12,8	22,6	0,4	0,5	0,1	0,2	0,0
nicht buchendom. Laubwald	0,2	0,1					
Summe	18,7	65,4	13,2	1,4	0,7	0,5	0,2

Flächenanteile 1976 (%)	Baumbiomasseklassen			
Lebensräume	1	2	3	4
bestockte Wiesen und Weiden			9,8	
Föhrenwald	0,0	0,0	0,1	1,4
Feucht- und Auwälder	0,3	0,0	0,2	0,4
Grünerlengebüsch	0,5			
Latschengebüsch		19,3		
Mischwald	1,4	0,0	0,3	1,6
Nadelwald der montanen Stufe	4,2	1,3	7,8	13,6
Nadelwald der subalpinen Stufe	9,9	0,5	10,1	16,7
nicht buchendom. Laubwald	0,2		0,3	0,0
Summe	16,6	21,2	28,6	33,6

Flächenanteile 2000 (%)	Baumbiomasseklassen								
Lebensräume	1	2	3	4	5	6	7	8	9
bestockte Wiesen und Weiden			2,3						
Föhrenwald	0,0	0,0	0,1		0,1	1,2	0,0		0,0
Feucht- und Auwälder	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2			
Grünerlengebüsch	1,7								
Latschengebüsch		17,5							
Mischwald	1,1	0,4	2,0	0,8	0,0	0,8	0,0		
Nadelwald der montanen Stufe	2,0	1,0	7,5	2,2	1,5	12,1	1,6		0,2
Nadelwald der subalpinen Stufe	3,9	1,3	15,3	8,4	0,7	12,3	0,9		0,1
nicht buchendom. Laubwald		0,2	0,0	0,1		0,0			
Summe	8,8	20,7	27,2	11,6	2,3	26,5	2,5	0,0	0,2

Für den Großteil der Waldflächen 1947, 1976 und 2000 war aus Benter et al. (2003) die Verteilung der Lebensraumtypen auf der Fläche im entsprechenden Zeitraum (für 1954, 1973, 2003; siehe Methodik) vorhanden. Die Gesamtheit dieser Waldflächen wurde für die Auswertung in Tab. 12 als 100 % angenommen, und die Verteilung der Flächen auf die Lebensräume und Biomasseklassen dargestellt.

1947 stockte auf dem Großteil der Fläche ein Vorrat der Biomasseklasse 2. Dabei entfielen jeweils ca. 20 % auf den Nadelwald der montanen Stufe, den Nadelwald der subalpinen Stufe, sowie auf die Latschengebüsche. Teile des Nadelwalds fielen auch in die Biomasseklasse 1 (subalpine Stufe, ca. 10 %) und kleinflächig auch in höhere Biomasseklassen bis zur Klasse 7. Die bestockten Wiesen und Weiden entfielen – wie auch in den späteren Zeitschnitten – entsprechend den Modellannahmen jeweils in die Biomasseklasse 3.

1976 gehörte ein großer Teil des Nadelwaldes der montanen und subalpinen Stufe (zusammen ca. 30 % der untersuchten Fläche) bereits der Biomasseklasse 4 an. Fast 20 % gehörten der Biomasseklasse 3 an, fast 15 % der Biomasseklasse 1.

Im Jahr 2000 waren größere Teile des Nadelwaldes der montanen und subalpinen Stufe vor allem in der Biomasseklasse 6 (ca. 24 % der Fläche), der Biomasseklasse 4 (ca. 11 %) und der Biomasseklasse 3 (ca. 23 %) vorhanden.

Für die gesamten Waldflächen 1947, 1976 und 2000 wurde untersucht, auf welchen Flächenanteilen welcher Höhenstufen welche Baumbiomasseklassen vorkamen (siehe Tab. 13).

Von den Flächen zwischen 1200 und 2000 m Seehöhe gehörte 1947 noch der Großteil der Biomasseklasse 2 an, Teile den Klassen 1 und 3. 1976 gehörten große Teile bereits zu den Biomasseklassen 3 und 4, der Rest noch zu den Klassen 1 und 2. Im Jahr 2000 gehörten größere Teile der Fläche zu den Biomasseklassen 3 und 6, Teile zu den Klassen 1, 2 und 4. Auch bei den Waldflächen unter 1200 m Seehöhe veränderte sich die Baumbiomasse stark: 1947 gehörte dort der Großteil der Fläche zur Biomasseklasse 2, 1976 vor allem zu den Biomasseklassen 3 und 4, 2000 zu einem großen Teil zur Biomasseklasse 6 (siehe Tab. 13).

Tab. 13: Verteilung der Waldflächen der einzelnen Höhenstufen (Höhenmodell, Jarvis et al. 2008) auf die Baumbiomasseklassen zu je 60 t ha^{-1} (1: 1 – 60, 2: 60 – 120, 3: 120 – 180, 4: 180 – 240, 5: 240 – 300, 6: 300 – 360, 7: 360 – 420, 8: 420 – 480, 9: 480 – 540 t ha^{-1}). Angegeben sind jeweils die Flächenanteile (in %) an der Waldfläche von Neustift im Stubaital für 1947, 1976 und 2000, gerundet auf jeweils eine Kommastelle. Werte unter 0,05 wurden auf 0,0 abgerundet.

Flächenanteil 1947 (%)	Baumbiomasseklassen							
Höhenstufen	1	2	3	4	5	6	7	Summe
800 - 1200 m	1,2	7,0	0,4	0,2	0,0			8,9
1200 - 1600 m	6,0	24,2	6,3	1,3	0,7	0,5	0,2	39,2
1600 - 2000 m	11,5	24,3	5,9	0,1		0,0		41,7
2000 - 2600 m	1,8	8,1	0,3					10,2
Summe	20,6	63,6	12,9	1,5	0,7	0,5	0,2	100

Flächenanteile 1976 (%)	Baumbiomasseklassen				
Höhenstufen	1	2	3	4	Summe
800 - 1200 m	1,0	0,4	2,6	4,6	8,6
1200 - 1600 m	6,0	3,5	13,1	16,7	39,3
1600 - 2000 m	8,2	9,1	13,0	11,2	41,5
2000 - 2600 m	1,4	7,6	0,8	0,8	10,6
Summe	16,5	20,7	29,4	33,3	100

Flächenanteile 2000 (%)	Baumbiomasseklassen									
Höhenstufen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
800 - 1200 m	0,5	0,6	1,2	0,4	0,6	4,1	0,4		0,1	7,9
1200 - 1600 m	3,4	3,6	12,1	3,3	1,4	13,2	1,8		0,1	38,9
1600 - 2000 m	4,5	9,8	13,5	6,5	0,3	8,1	0,3		0,0	43,0
2000 - 2600 m	0,4	7,0	0,8	1,2		0,8				10,2
Summe	8,7	21,0	27,7	11,4	2,3	26,1	2,5	0,0	0,2	100

3.3 Kohlenstoff der Bestände

Der Gesamtkohlenstoffvorrat in der Baumbiomasse des Waldes im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital nahm von 1834 (ca. 92 000 t C) über 1947 (270 000 t C) und 1976 (414 000 t C) bis ins Jahr 2000 (632 000 t C) stark zu (Abb. 19). Von 1947 bis 2000 erhöhte sich der Kohlenstoffvorrat um mehr als 100 %, von 1834 bis 2000 nach den Ergebnissen dieser Hochrechnung wie die Baumbiomasse um mehr als 500 %. Dabei war der Anstieg – wie auch zuvor bei der Baumbiomasse – nach 1947 deutlich größer als davor.

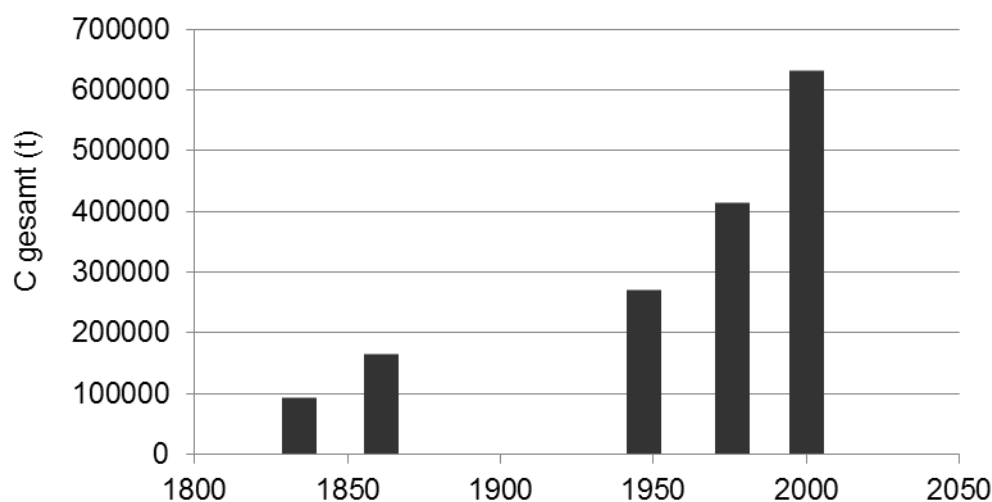


Abb. 19: Zunahme des Gesamtkohlenstoffvorrats (in t) der Baumbiomasse im Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital von 1834 bis 2000.

Demgegenüber stieg der flächengewichtete mittlere Kohlenstoffvorrat (in t ha^{-1} ; siehe Tab. 14) von 1834 ($31,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ C}$) bis 2000 ($97,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ C}$) um ca. das 2,1fache.

Tab. 14: Mittlerer Kohlenstoffvorrat (in t ha^{-1}) in den einzelnen Jahren (flächengewichteter Mittelwert aller Kohlenstoffvorräte (t ha^{-1})).

	1834	1861	1947	1976	2000
mittlerer Kohlenstoffvorrat (t ha^{-1})	31,0	34,3	44,8	68,0	97,2

Die Zunahme an Kohlenstoff pro Jahr und Hektar erhöhte sich ab 1947 stark und nahm ab 1976 noch weiter (von 0,8 auf 1,2 t ha⁻¹ Jahr⁻¹) zu. Ebenso nahm die gesamte Zunahme an Kohlenstoff pro Jahr ab 1861 bis 2000 stark zu (siehe Tab. 15).

Tab. 15: Zunahme des Kohlenstoffvorrats (in t Jahr⁻¹, bzw. in t ha⁻¹ Jahr⁻¹) in der Baumbiomasse auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital zwischen den einzelnen Zeitschnitten.

Zunahme	Kohlenstoff (t Jahr⁻¹)	Kohlenstoff (t ha⁻¹ Jahr⁻¹)
1834 - 1861		0,1
1861 - 1947	1222,2	0,1
1947 - 1976	4993,4	0,8
1976 - 2000	9085,1	1,2

4 Diskussion

4.1 Alter der Bestände

Die Altersstruktur eines Waldes und deren Entwicklung liefert einen wichtigen Beitrag, um die Veränderung eines Waldes besser zu verstehen (Vilen et al. 2012). Daher wurden im ersten Schritt die Veränderung der Altersverteilungen 1947, 1976 und 2000 untersucht.

Da hier die Altersverteilung der Wälder diskutiert wird, ist es wichtig zu erwähnen, dass im Gemeindewald Neustift 1947 vielfach plenterwaldartige Bestände vorhanden waren (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Diese entstanden „als Folge der bisherigen systemlosen Hiebsführung“ (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, p. 29), und wurden bei der Altersverteilung miteinbezogen. Im Waldwirtschaftsplan 1948 wurde angekündigt, diese Bestände in Zukunft dem schlagweisen Betrieb anzupassen (Landesforstinspektion Innsbruck 1948).

Die direkte Veränderung von Waldflächen von 1947 bis 1976 konnte leider nur auf einer relativ kleinen Fläche (ca. 257 ha) im hinteren Stubaital auf Flächen zwischen 1000 und 1800 m Seehöhe (entsprechend dem Höhenmodell, Jarvis et al. 2008) untersucht werden. Auf diesen Flächen nahmen in dieser Zeit die jüngeren Bestandesklassen zu, die älteren ab, das heißt die Flächen wurden durchschnittlich etwas jünger. In großen Teilen Europas wurden während und nach dem 2. Weltkrieg viele Bestände geschlägert (Gold et al. 2006). Nach dem Krieg war der Brennholzbedarf übermäßig groß (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Daher wurde möglicherweise besonders viel geschlägert, sodass dadurch auch im hinteren Stubaital jüngere Bestände zunahmen. Dies stimmt überein mit der europaweiten Veränderung der Altersverteilung im Wald, bei der ebenfalls von 1950 bis 1980 das mittlere Alter der Waldflächen abnahm, derselbe Trend konnte auch für ganz Österreich beobachtet werden (Vilen et al. 2012).

Die Veränderung der Altersverteilung von 1976 bis 2000 konnte auf einem Großteil des Ertragswalds der Agrargemeinschaft Neustift direkt verglichen werden. Auf den untersuchten Flächen nahmen die älteren Bestandesklassen zu, die jüngeren dagegen ab. Die Flächen wurden also im Schnitt älter. Besonders drastisch war die Veränderung beim Jungwuchs. Deren Fläche reduzierte sich von 1976 bis 2000 um ca. 75 %. Da Dickungen im Mittel ein Alter von rund 30 Jahren besaßen (Landesforstdirektion Tirol 2004), wurde ein großer Teil der Flächen, die 1976 Jungwuchsflächen waren, im Jahr 2000 bereits zur Dickung gezählt. Daher entstanden zwischen 1976 und 2000 sehr viel weniger neue Jungwuchsflächen, als

noch 1976 vorhanden waren. Vermutlich wurde um 1976 deutlich weniger geschlägert, als das noch nach dem Krieg der Fall war, und dementsprechend war im Jahr 2000 weniger Jungwuchs vorhanden als noch 1976, dafür aber mehr Altholz. Zusätzlich ging die Waldweide seit 1948 stark zurück (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). Daher wurde vermutlich auch das Aufkommen bzw. die Weiterentwicklung von Jungwuchsflächen nicht mehr bzw. nicht mehr so stark behindert wie früher (siehe Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Auch dies könnte zusätzlich zum Rückgang der Jungwuchs-Flächen beigetragen haben. Von 1972 bis 1986, sowie von 1978 bis 2000 wurden in Neustift im Stubaital Hochlagensanierungs- und Schutzwaldprojekte durchgeführt (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). In der Zeit zwischen 1976 und 2000 wurde also besonders auf die Schutzfunktion des Waldes geachtet. Möglicherweise hatten diese Maßnahmen bereits einen Einfluss, sodass insgesamt weniger Waldflächen durch Naturkatastrophen geschädigt wurden. Die Ergebnisse der Veränderung der Bestandesklassenverteilung von 1976 bis 2000 bezogen sich allerdings nur auf Ertragswaldflächen. Der Schutzwald außer Ertrag wurde hier nicht miteinbezogen. Ähnlich der vorliegenden Arbeit konnten auch Vilen et al. (2012) auf den europaweit untersuchten Waldflächen von 1980 bis 2010 einen leichten Anstieg des mittleren Alters feststellen.

Während auf dem Großteil des Ertragswalds insgesamt von 1976 bis 2000 ältere Bestandesklassen zu-, jüngere dagegen abnahmen, nahm im hinteren Stubaital ab Krößbach neben Baumholz und Altholz auch der Flächenanteil der Dickung leicht zu. Der Grund dafür konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Möglicherweise handelte es sich hierbei schlichtweg um eine Momentaufnahme der Ertragswaldflächen im hinteren Stubaital und der Anstieg rührte daher, dass ein Großteil der Jungwuchsflächen 1976 im Jahr 2000 als Dickungen ausgewiesen waren, und zusätzlich auch ein Teil der Dickungen 1976 auch im Jahr 2000 als Dickungen ausgewiesen wurden.

4.2 Hochrechnung von Biomasse und Kohlenstoff

Die Hochrechnung von Biomasse und Kohlenstoff auf die gesamten Waldflächen in den einzelnen Jahren wurde jeweils so genau wie möglich unter Verwendung der vorhandenen Grundlagendaten durchgeführt. Dennoch waren für eine vollständige Modellierung mehrere Vereinfachungen und Ergänzungen nötig, die berücksichtigt werden müssen.

Die Grundlagendaten, die in Form von Holzvorräten zur Verfügung standen, entstanden jeweils in unterschiedlichen Jahren mit unterschiedlichem Stand der forstwissenschaftlichen Forschung. Sie basierten jeweils auf unterschiedlichen Erhebungsmethodiken, und lagen unterschiedlich detailliert vor (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004; siehe Kapitel 2.3.1). Wo nötig und möglich wurden die Daten zum besseren Angleich korrigiert. Ein Vergleich der daraus berechneten Biomassen und Kohlenstoffvorräte war in jedem Fall möglich. Kleinere Schwankungen in den Ergebnissen blieben aber dennoch möglich, was aufgrund des starken Anstiegs der Biomasse- und Kohlenstoffwerte jedoch nicht ins Gewicht fiel.

Hochrechnungsfaktoren von Holzvolumen auf den Kohlenstoffvorrat eines Waldes bergen immer gewisse Unsicherheiten. Diese fallen weniger ins Gewicht, wenn man die Hochrechnung für jeden erhobenen Holzvorrat getrennt oder zumindest auf niedrigerer Ebene und nicht nur mit Hilfe der Endergebnisse der Waldinventuren durchführt (Weiss et al. 2000, Lindner und Karjalainen 2007). Dies war in der vorliegenden Arbeit nicht möglich, da nur die Endergebnisse in den Waldwirtschaftsplänen und die Daten zum Wald von 1834 zur Verfügung standen. Um die Fehler bei der Hochrechnung zu reduzieren, wurden altersgewichtete Hochrechnungsfaktoren verwendet. Dies macht Sinn, denn bereits Lehtonen et al. (2004) fanden in ihrer Arbeit, dass sich die Hochrechnungsfaktoren von Fichte mit dem Alter verändern (Lehtonen et al. 2004). Die verwendeten Hochrechnungsfaktoren wurden auf Grundlage der Arbeit von Kramer und Krüger (1981) ermittelt. Diese Arbeit enthält für die einzelnen Altersklassen die Anteile der einzelnen Baumkompartimente inklusive Derbholz an der Biomasse (Kramer und Krüger 1981). Als weitere Vereinfachung wurden Hochrechnungsfaktoren für Fichte für das gesamte Untersuchungsgebiet verwendet, da im Wald von Neustift im Stubaital Fichte vorherrscht (Benter et al. 2003), die zugrunde liegenden Daten ohnehin nicht so genau waren, und Grünerlen, Latschen und auch Lärchwiesen getrennt behandelt wurden.

Die Ausdehnung der Waldfläche um fehlende Waldflächen war nötig, um die gesamte Baumbiomasse des Waldes im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital ermitteln zu kön-

nen. Die Ausdehnung um Waldflächen, die die Waldausdehnung drei bzw. sieben Jahre vor bzw. nach dem Erhebungsjahr der Waldwirtschaftspläne zeigen (Benter et al. 2003), war nicht ganz korrekt, war aber aufgrund der vorhandenen Datengrundlagen nicht anders möglich. Es konnte nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Waldflächen in den Zwischenzeiten etwas verändert haben, wie etwa durch das Lawinenvorkommnis 1975 (Landesforstinspektion für Tirol 1979) „größere Veränderungen im Waldbestand eingetreten sind“ (Landesforstinspektion für Tirol 1979, p. 14). Trotzdem sollten die ermittelten Gesamtflächen im Großen und Ganzen die aktuelle Gesamtwaldfläche darstellen. Zu berücksichtigen ist weiters, dass auch die von Benter et al. (2003) übernommenen Waldflächen nur zusammenhängende Waldflächen ab 4 ha berücksichtigen, kleinere Flächen jedoch nicht. Aufgrund von fehlenden Vergleichsdaten war es nicht möglich, unter Umständen fehlende Waldflächen in der Karte 1834 (Tiroler Landesarchiv 1834) zu ergänzen. Für die vorhandenen Waldflächen waren zwar jeweils Flächenangaben vorhanden (Von Guttenberg 1834), ein Vergleich mit der Karte der Waldflächen von 1861 zeigt jedoch nur etwa 27 Jahre später eine weitaus größere Waldausdehnung (Benter et al. 2003). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Waldausdehnung auch 1834 deutlich größer war. Daher wurde die gesamte Baumbiomasse im Wald 1834 vermutlich unterschätzt.

Bei der Ergänzung fehlender Biomassewerte ist anzumerken, dass innerhalb der Waldwirtschaftsplankarten für Jungwuchs, Dichtung und den Schutzwald außer Ertrag (SaE / SaE Hochwald) 1976 und 2000 (Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004) idente Werte verwendet wurden. Obwohl die Werte vermutlich annähernd korrekt nachvollzogen wurden, konnte so eine Erhöhung der Biomasse bzw. des Kohlenstoffvorrats auf diesen Flächen von 1976 bis 2000 nicht nachvollzogen werden. Auch für Latschengebüsche, Grünerlengebüsch und Lärchwiesen wurden 1947, 1976 und 2000 jeweils idente Werte verwendet. Auch auf diesen Flächen konnte daher eine mögliche Erhöhung von Biomasse bzw. Kohlenstoff seit 1947 nicht nachvollzogen werden. Die übrigen ergänzten Biomassewerte auf den Waldflächen außerhalb der Waldwirtschaftsplankarten sollten im Wesentlichen passen. Da es sich jedoch um Mittelwerte handelte, für deren Verteilung auf der Fläche nur die Dauer der Bewaldung dieser Flächen berücksichtigt wurde, sind detaillierte Auswertungen auf diesen Flächen nicht sinnvoll. Der ergänzte mittlere Baumbiomassewert für 1861 barg besonders aufgrund der möglicherweise ungenaueren Holzvorratswerte von 1834 Unsicherheiten, reichte aber aus für eine grobe Abschätzung der 1861 auf der gesamten Waldfläche vorhandenen Baumbiomasse. Da nur ein Mittelwert für die gesamte Waldfläche vorlag, waren nähere Auswertungen hier nicht möglich.

4.3 Gesamtbaumbiomasse der Bestände

Gesamtergebnisse

Die Baumbiomasse des Waldes im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital nahm von 1834 bis 2000 stark zu. Dies geht einher mit den Ergebnissen von Gold (2003), der in großen Teilen Europas einen Anstieg des Holzvorrats im Wald von 1950 bis 2000 feststellen konnte. Ein Grund für den Anstieg der Biomasse in Neustift ist die Zunahme der Waldfläche. Diese hat sich im Stubaital von den 1860er Jahren bis 2003 um 35 % ausgedehnt (Tappeiner et al. 2008b). Allerdings konnte auch ein starker Anstieg der Baumbiomasse innerhalb derselben Fläche festgestellt werden. Ein Grund dafür ist vermutlich die geänderte Walnutzung.

Bereits 1834 beklagte der damalige Förster im Stubaital Von Guttenberg eine unregelmäßige Holznutzung im Stubaital. Obwohl es Regeln gab, wurden diese oft nicht eingehalten. Sehr oft kamen nicht erlaubte Holzverkäufe vor, die vom zuständigen Förster auch nicht verhindert werden konnten. Waldflächen wurden teilweise zurückgedrängt. Manche Waldflächen wurden stark übernutzt, zu viel Holz und auch sehr viel Streu entnommen, andere dagegen nicht genutzt. Teilweise übermäßige Beweidung vieler Waldflächen behinderte stark die natürliche Verjüngung der Wälder. 1834 wurde der Holzertrag bereits sichtbar kleiner, sodass man für die Zukunft einen Holzangel erwartete, wenn sich die damalige Missnutzung nicht ändern würde (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Der Wald wurde also insgesamt 1834 stark übernutzt, wodurch sich der geringe Biomassevorrat 1834 erklären lässt. Allerdings wurde der Biomassevorrat 1834 vermutlich unterschätzt, da die zugrunde liegende Karte (Tiroler Landesarchiv 1834) vermutlich nicht alle tatsächlich vorliegenden Waldflächen enthielt, wie durch Vergleich mit der Waldflächenkarte von 1861 (Benter et al. 2003) festgestellt werden konnte.

Im Waldwirtschaftsplan 1948 wurde bereits angemerkt, dass eine intensivere Bestandespflege sinnvoll wäre. Dazu wurden im Waldwirtschaftsplan 1948 mehrere Vorschläge gemacht, etwa eine Aufforstung auf den vorhandenen Blößen sowie Nachpflanzungen auf den nicht ausreichend dichten Jungwuchsflächen. 1948 gab es also bereits ein Umdenken in Richtung einer produktiveren Forstwirtschaft. Allerdings entsprach vieles der damaligen Bewirtschaftung der Wälder noch dem Vorgehen im 19. Jahrhundert. 1948 wurde dem Wald nach wie vor Streu entzogen, allerdings deutlich weniger als noch 1834. Auch wurde im Gemeindefwald bis 1948 durch ungenaue Messung oft mehr Holz geschlagen als angegeben und der Wald dadurch übernutzt. Dies wurde versucht, im Waldwirtschaftsplan 1948 durch genauere Vorgaben einzudämmen. 1948 war nach wie vor eine sehr starke Beweidung aller Waldflächen in Neustift im Stubaital vorhanden, sodass Jungwuchs nur schwer aufkommen und sich weiter entwickeln konnte. Weiters trug – was bisher noch nicht erwähnt wurde – auch der

Abtransport des Holzes aus dem Wald zur Degradation der Wälder bei. 1948 gab es dafür nur im Tal Straßen. Das Holz musste meistens quer durch den Wald nach unten geschafft werden. Dabei wurde die natürliche Verjüngung zerstört. Außerdem entstanden Baumschäden, die den Krankheitsbefall von Bäumen begünstigten, was in der Folge ein langsames Wachstum oder das Absterben von Bäumen nach sich ziehen konnte. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Schäden auch im 19. Jahrhundert zumindest gleich große Auswirkungen hatten wie 1948. Wenn auch die in dieser Arbeit durchgeführte Hochrechnung der Biomasse 1947 bereits eine deutlich höhere Gesamtbaumbiomasse im Wald zeigte als noch im 19. Jahrhundert, so zeigen die hier dargestellten Verhältnisse im Gemeindewald 1948 doch, dass vieles in der Bewirtschaftung damals noch den Verhältnissen im 19. Jahrhundert entsprach bzw. ähnlich war. Darüber hinaus war nach dem Krieg der Brennholzbedarf in Neustift im Stubaital übermäßig groß (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), was sicher auch zu einer entsprechenden Nutzung der Biomasse bzw. des Holzes im Gemeindewald beitrug.

Bis 1978 dürfte sich der Zustand der Wälder bereits deutlich verbessert haben. Die Ausführungen zum Hiebsatz im Waldwirtschaftsplan 1978 zeigen zum Teil bereits Verhältnisse im Agrargemeinschaftswald, die beinahe den damaligen Zielvorgaben entsprachen. Es war bereits weniger Waldweide vorhanden, weiters waren die Wälder der Agrargemeinschaft Neustift bereits zum Teil durch Wege erschlossen. Wege gab es bereits am Mildererberg, sowie auf einem Teil des sonnseitigen Waldes. Eine Streunutzung wurde im Waldwirtschaftsplan 1978 nicht mehr erwähnt. Teilweise gab es überalterte Wälder in den höheren Lagen, allerdings auch noch zu viele Blößen, und zum Teil zu niedrige Bestockung und zu geringen Vorrat, besonders im Altholz. Bereits 1972 wurde ein Projekt zur Sanierung der Hochlagen und des Schutzwalds ins Leben gerufen (Landesforstinspektion für Tirol 1979). Aufgrund der andauernden Verbesserungen waren die Verhältnisse im Neustifter Wald im Jahr 2000 vermutlich noch deutlich besser als noch 1978. Im Jahr 2000 gab es bereits wesentlich mehr Forstwege im Agrargemeinschaftswald als noch 1978. Darüber hinaus wurde von 1978 bis 2000 in Neustift im Stubaital ein weiteres Hochlagensanierungs- und Schutzwaldprojekt durchgeführt. Im Waldwirtschaftsplan 2000 wird in manchen Betriebsklassen bereits auf die guten Wuchsverhältnisse sowie auf Altholzüberschüsse hingewiesen (Landesforstdirektion Tirol 2004). Gründe für den besonders starken Anstieg der Baumbiomasse bis zum Jahr 2000 waren neben der geänderten Waldnutzung vermutlich Stickstoffdepositionen (Mund et al. 2002) sowie längere Vegetationsperioden aufgrund des Klimawandels (Nabuurs et al. 2002, Rosenzweig et al. 2007).



Abb. 20: Veränderung der Ausdehnung und Dichte der Waldflächen in Neustift im Stubaital von 1907 (oberes Bild) bis 2008 (unteres Bild). Quelle und Urheberrechte: Tasser et al. 2012b.

Dass die Waldbaumbiomasse der 1861 nicht bewaldeten Flächen (nach Benter et al. 2003) von 1947 bis 1976 kaum zunahm, liegt an den in dieser Arbeit herangezogenen Annahmen im Zuge der Hochrechnung. In beiden Jahren waren auf ca. 50 % dieser Flächen Grünerlen, Latschen oder Lärchwiesen (nach Benter et al. 2003) vorhanden, für die in allen drei Zeitschnitten dieselben Biomassen zugefügt wurden. Daneben waren fast 40 % 1947 und 1976 auch keine Waldwirtschaftsplan-Waldflächen, sodass potentiell mögliche Biomassen zugefügt werden mussten (siehe Kapitel 2.4.2). Für 1947 wurden dort aufgrund der vorhandenen Grundlagendaten etwas höhere Biomassewerte verwendet als 1976, und daher der Bio-

massevorrat auf diesen Flächen 1947 möglicherweise überschätzt. Die Annahmen für 1976 und 2000 dürften dagegen in etwa der Größenordnung entsprechende Werte enthalten. Entsprechend der in dieser Arbeit durchgeführten Modellierung war die jährliche Zunahme der Biomasse pro Hektar von 1834 bis 1947 konstant, und stieg danach deutlich an. Den stärksten Anstieg der Biomasse gab es zwischen 1976 und 2000. Dies dürfte einerseits auf die Auswirkungen der seit 1947 verbesserten und nachhaltigeren Waldwirtschaft zurückzuführen sein, andererseits aber auch auf die Auswirkungen der Industrialisierung und des Klimawandels (Stickstoffdepositionen, längere Vegetationsperioden; Mund et al. 2002, Nabuurs et al. 2002, Rosenzweig et al. 2007).

Ergebnisse innerhalb der Bestandesklassen

Innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation 1947, 1976 und 2000 zeigten die Bestandesklassen Stangenholz und Baumholz einen nahezu gleichmäßigen Anstieg der Baumbiomasse pro Hektar von 1947 bis 2000. Der Wert des Altholzes dagegen fiel 1976 sogar unter den Wert des Baumholzes, bevor er bis 2000 wieder deutlich anstieg. Im Waldwirtschaftsplan 1978 wurden zwei Betriebsklassen unterschieden. Die Betriebsklasse 2 beinhaltete dabei das hintere Stubaital ab dem Kerrachbachl bei Volderau, sowie fast den gesamten schattseitigen Agrargemeinschaftswald. Auf diesen Flächen waren die gesamten Baumbiomassen am Hektar für Stangenholz, Baumholz und Altholz jeweils größer als auf den restlichen Waldflächen der Agrargemeinschaft. Da es Wege 1978 fast nur im sonnseitigen Agrargemeinschaftswald gab, wurden diese Wälder möglicherweise stärker genutzt als die schattseitigen Wälder. Der höhere Vorrat in der Betriebsklasse 2 1978 ist möglicherweise daraus erklärbar. Weiters war nur in der Betriebsklasse 2 die Baumbiomasse des Baumholzes sogar größer als die des Altholzes. Auch im Waldwirtschaftsplan 1978 wird auf den zu geringen Vorrat und Bestockungsgrad des Altholzes verglichen mit dem Baumholz im Wirtschaftswald der Betriebsklasse 2 hingewiesen, und eine Erhöhung beider Werte forciert (Landesforstinspektion für Tirol 1979). Dass die Baumbiomasse des Baumholzes in der Betriebsklasse 2 größer war als die des Altholzes, liegt möglicherweise daran, dass die Bestände früher nicht so stark gepflegt wurden, und die 1978 alten Bestände daher einen geringeren Vorrat und Bestockungsgrad besaßen als das später entstandene Baumholz.

Verteilung der Baumbiomasse auf der Fläche

Die Karten zur Verteilung der Baumbiomassen in den einzelnen Zeitschritten zeigten deutlich die starke Zunahme der Biomasse auf den Waldflächen von 1834 bis 2000. Bei der Karte 1834 muss allerdings berücksichtigt werden, dass die gezeigten Waldflächen auch Schläge und Blößen sowie unfruchtbaren Boden enthalten. Trotzdem wurden sie beibehalten, um ein realistischeres Bild der damaligen Verhältnisse darzustellen. Die Waldflächen im Jahr 1834 dürften ein Mosaik zwischen kaum genutzten und sehr stark genutzten bzw. bereits völlig geschlägerten Waldflächen gewesen sein. 1834 wurden manche Waldflächen stark übernutzt, andere dagegen nicht genutzt. Dort gab es dann zu viel Holz (Von Guttenberg 1834). Im Mittel entsprachen die Verhältnisse den in der Karte 1834 dargestellten Biomassekategorien. Für die Waldflächen ohne Einbeziehung von Schlägen, Blößen und unfruchtbarem Boden würden sich jedoch deutlich höhere Baumbiomassen auf der Fläche ergeben. Auf den Karten waren sowohl 1947 als auch 2000 in den schattseitigen Wäldern besonders hohe Biomassevorräte erkennbar. Auch 1976 waren die größeren Baumbiomassevorräte von Stangenholz, Baumholz und Altholz jeweils in der Betriebsklasse 2, also auf den schattseitigen Waldflächen und im hinteren Stubaital, vorhanden. Die schattseitigen Bestände dürften daher möglicherweise weniger stark genutzt und auch weniger stark beweidet worden sein als die sonnseitigen Bestände, sodass sich dort ein höherer Vorrat halten konnte. Für eine stärkere Nutzung der sonnseitigen Lagen spricht auch, dass die ersten Forststraßen in den Wäldern zum Abtransport der Stämme vor allem im sonnseitigen Agrargemeinschaftswald gebaut wurden (Landesforstinspektion für Tirol 1979), was dort die Nutzung der Bestände wohl wesentlich erleichterte.

Höhere Biomassevorräte waren im Jahr 2000 neben den schattseitigen Hängen vor allem im äußeren Teil von Neustift zu finden. Möglicherweise waren dort die Standortbedingungen deutlich besser als in anderen Talbereichen. Der Lehnerwald, in dem neben dem Obergasslerwald im Jahr 2000 die höchsten Biomassevorräte vorhanden waren, war außerdem als Bannwald ausgewiesen. Daher waren dort Waldweide, Streuentnahme sowie Schlägerungen von nicht hiebsreifen Bäumen verboten. Außerdem gab es die Verpflichtung, nicht bestockte Flächen zu bewalden. Obwohl 1948 dennoch auch im Bannwald Waldweide vorhanden war (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), dürfte diese in Bannlegung eine übermäßige Nutzung im Lehnerwald verhindert haben, sodass sich dort der Wald möglicherweise besser entwickeln konnte als in den übrigen Waldteilen. Noch im Jahr 2000 gab es im Lehnerwald nur sehr wenige Forstwege, was die Waldbewirtschaftung erschwerte (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004).

4.4 Kohlenstoff der Bestände

Wie die Baumbiomasse nahm auch der Kohlenstoffvorrat in der Baumbiomasse von 1834 bis 2000 stark zu. Die Gründe für diese Zunahme wurden bereits im vorherigen Kapitel ausführlich diskutiert. Neben der vorliegenden Arbeit konnte auch in anderen Studien vergangener Jahre eine Zunahme des Kohlenstoffspeichers im Wald festgestellt werden (Nabuurs et al. 2003, Tolunay 2011, Marchetti et al. 2012). Nabuurs et al. (2003) etwa konnten für ganz Europa von 1950 bis 1999 einen starken Anstieg der Baumbiomasse und des darin gespeicherten Kohlenstoffs im Wald feststellen. Generell haben die europäischen Wälder von 1950 bis 1999 große Mengen an Kohlenstoff aufgenommen, das meiste davon in der Baumbiomasse. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die vorliegende Arbeit durch die Ermittlung des in der Baumbiomasse des Waldes gespeicherten Kohlenstoffs durchaus einen wichtigen Beitrag zur Ermittlung des im Wald gespeicherten Kohlenstoffs geleistet hat. Im Durchschnitt hat sich der Kohlenstoffspeicher am Hektar in der Baumbiomasse in den europäischen Wäldern von 1950 bis 1999 um ca. 40 % erhöht (Nabuurs et al. 2003). Im Gegensatz dazu nahm der mittlere Kohlenstoffvorrat der Baumbiomasse in den Wäldern in Neustift im Stubaital von 1947 bis 2000 nach den Berechnungen dieser Arbeit sogar um mehr als 100 % zu. Der Anstieg des Kohlenstoffvorrats in der Baumbiomasse in Neustift lag daher deutlich über dem europäischen Durchschnitt. Dies liegt sicher unter anderem an den speziellen Bedingungen im Stubaital, einem inneralpinen Tal, in dem heute viele Waldflächen als Schutzwälder ausgewiesen sind (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004), und gerade im Schutzwald außer Ertrag eine übermäßig starke Nutzung nicht erlaubt ist (Landesforstinspektion für Tirol 1979). Weiss et al. (2000) berechneten für den gesamten Wald in Österreich 1990 einen mittleren Kohlenstoffgehalt von ca. $82,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ C}$ in der Baumbiomasse (Weiss et al. 2000). Dieser Wert liegt genau zwischen den mittleren Kohlenstoffvorräten, die für die Baumbiomasse der Waldflächen in Neustift im Stubaital 1976 und 2000 ermittelt wurden. Dies bestätigt eine trotz der vorgenommenen Vereinfachungen korrekte Berechnung der Baumbiomassen und Kohlenstoffvorräte im Rahmen der vorliegenden Arbeit. Damit stellte diese Arbeit mit der Bearbeitung der Altersveränderung und Kohlenstoffspeicherung in der Baumbiomasse des Waldes in Neustift im Stubaital eine weitere Ergänzung zur Erforschung der Kohlenstoffbindung in Wäldern dar.

5 Literatur

Amt der Tiroler Landesregierung 1969. III b 1 – 759/278 Servitutenablösungsplan. In: Landesforstinspektion für Tirol. Waldwirtschaftsplan für die Jahre 1978 bis 1997 für den Agrargemeinschaftswald Neustift. Landesforstinspektion für Tirol, Innsbruck. pp. 65-68.

Bauer, H. 1989. Nährstoffvorräte von Fichtenbeständen auf einer Standortseinheit im Kobernauserwald untersucht über die Altersklassen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Beimrohr, W. 2006. Die Kulturen-Skelett-Karte Tirol-Vorarlberg (um 1861). <http://www.tirol.gv.at/fileadmin/www.tirol.gv.at/themen/kultur/landesarchiv/downloads/Kulturen-Skelett-Karte.PDF> (4.12.2012).

Benter, D., Wäldchen, J., Tasser, E. 2003. Landschaftsstrukturanalyse am Beispiel der Gemeinden Fulpmes und Neustift im Stubaital. Eurac, Bozen.

Bitterlich, W. 1948. Die Winkelzählprobe. Allgemeine Forst- und Holzwirtschaftszeitung 59, 4–5.

Bitterlich, W. 1998. Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung auf Boden und Vegetation am Beispiel der Kaserstattalm - Neustift im Stubaital. Dissertation, Universität Innsbruck, Innsbruck.

Brunetti, M., Lentini, G., Maugeri, M., Nanni, T., Auer, I., Böhm, R., Schöner, W. 2009. Climate variability and change in the Greater Alpine Region over the last two centuries based on multi-variable analysis. International Journal of Climatology 29, 2197-2225.

Dieter, M., Englert, H., Klein, M. 2001. Abschätzung des Rohholzpotentials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Hamburg.

Dietz, P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz als Roh- und Werkstoff 33, 135-141.

Eckert, F., Karl, H., Trubrig, J., Lorenz-Liburnau, H., Janka, G., Puzyr, H., Egger, H., Lamp, I. 1948. Lehr- und Handbuch der Forstwirtschaft (III. Band Die forstlichen Fachgegenstände). Wilhelm Frick Verlag, Wien.

Ellenberg, H., Mayer, R., Schauermann, J. 1986. Ökosystemforschung-Ergebnisse des Sollingprojekts. Ulmer, Stuttgart.

ESRI 2009. ArcMap 9.3. ESRI, Redlands, California.

ESRI 2012. ArcGIS Desktop Help 10.0. <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help> (14.2.2013).

FAO und JRC 2012. Global forest land-use change 1990–2005. FAO Forestry Paper 169: 1-40.

Gassebner, H. 1986. Integrale Schutzwaldinventur in Neustift im Stubaital. VWGÖ, Wien.

Gasser, H. 1973. Erlebnis Stubaital. Leopold Stocker Verlag, Graz.

Gold, S. 2003. The Development of European Forest Resources, 1950 to 2000: a Better Information Base. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 31, 1-98.

Gold, S., Korotkov, A.V., Sasse, V. 2006. The development of European forest resources, 1950 to 2000. Forest Policy and Economics 8, 183-192.

Günther, W. 1972. Die Saline Hall i. Tirol (700 Jahre Tiroler Salz, 1272 – 1967). Montan-Verlag, Wien.

Hager, H. 1988. Stammzahlreduktion. Forstliche Schriftenreihe 1, 1-189.

Havranek, W., Matyssek, R. 2005. The carbon balance of European Larch (*Larix decidua*) at the alpine timberline. Phytos 45, 213-231.

Houghton, R.A. 1999. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. Tellus 51B, 298-313.

IPCC 2000. Land use, land-use change and forestry. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IGES, Kamiyamaguchi, Japan.

Jarvis, A., Reuter, H.I., Nelson, A., Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. <http://srtm.csi.cgiar.org> (1.4.2013).

Johann, E. 1994. Gesellschaftliche Regelungen zur Walderhaltung und Waldbewirtschaftung. In: Österreichischer Forstverein (eds.). Österreichs Wald – Vom Urwald zur Waldwirtschaft. Eigenverlag Autorengemeinschaft „Österreichs Wald“, Wien. pp. 155-156.

Jones, P.D., Moberg, A. 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate* 16, 206-223.

Kircher, F. 1993. Untersuchungen zur Altersstruktur, Wachstumsdynamik und Bestandesstruktur an Grünerlen im Nationalpark Hohe Tauern. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, Innsbruck.

Klug-Pümpel, B. 1978. Phytomasse und Primärproduktion von unterschiedlich bewirtschafteten Almflächen im Gasteiner Tal. In: Cernusca, A. (ed.). Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck. pp. 123-142.

Körner, C., Schilcher, B., Pelaez-Riedl, S. 1993. Vegetation und Treibhausproblematik: Eine Beurteilung der Situation in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der Kohlenstoff-Bilanz. In: Österreichische Akademie der Wissenschaften (ed.). Bestandsaufnahme anthropogene Klimaänderungen: mögliche Auswirkungen auf Österreich – mögliche Maßnahmen in Österreich (Dokumentation). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. pp. 6.1-6.46.

Kramer, H., Krüger, H.H. 1981. Vorrat und Nutzungsmöglichkeit forstlicher Biomasse in der Bundesrepublik Deutschland. *Der Forst- und Holzwirt* 36, 33-37.

Landesforstdirektion Tirol 2000. Wirtschaftskarte für die Agrargemeinschaften Neustift und Herzeben. Landesforstdirektion Tirol, Innsbruck. Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion Tirol.

Landesforstdirektion Tirol 2004. Waldwirtschaftsplan Agrargemeinschaft Neustift im Stubaital für die Jahre 2001 bis 2020. Landesforstdirektion Tirol, Innsbruck.

Landesforstinspektion für Tirol 1979. Waldwirtschaftsplan für die Jahre 1978 bis 1997 für den Agrargemeinschaftswald Neustift. Landesforstinspektion für Tirol, Innsbruck.

Landesforstinspektion Innsbruck 1948. Gemeindewald Neustift 1948 – 67. Landesforstinspektion Innsbruck, Innsbruck.

Land Tirol 2009. Kataster Neustift im Stubaital. <http://www.tirol.gv.at/themen/zahlen-und-fakten/statistik-tiris/tiris-kartendienste> (1.4.2013). Urheberrechte Land Tirol und BEV.

Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R., Liski, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188, 211-224.

Li, M.H., Yang, J., Kräuchi, N. 2003. Growth responses of *Picea abies* and *Larix decidua* to elevation in subalpine areas of Tyrol, Austria. *Canadian Journal of Forest Research* 33, 653-662.

Lindner, M., Karjalainen, T. 2007. Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials of forests in Europe: a short review of recent progress. *European Journal of Forest Research* 126, 149-156.

Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861. Kulturen-Skelett-Karte Tirol-Vorarlberg (um 1861). Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck, Innsbruck.

Marchetti, M., Sallustio, L., Ottaviano, M., Barbati, A., Corona, P., Tognetti, R., Zavattero, L., Capotorti, G. 2012. Carbon sequestration by forests in the National Parks of Italy. *Plant Biosystems* 146, 1001-1011.

Mund, M., Kummetz, E., Hein, M., Bauer, G.A., Schulze, E.D. 2002. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe. *Forest Ecology and Management* 171, 275-296.

Nabuurs, G.J., Pussinen, A., Karjalainen, T., Erhard, M., Kramer, K. 2002. Stemwood volume increment changes in European forests due to climate change – a simulation study with the EFISCEN model. *Global Change Biology* 8, 304-316.

Nabuurs, G.J., Schelhaas, M.J., Mohren, G.M.J., Field, C.B. 2003. Temporal evolution of the European forest sector carbon sink from 1950 to 1999. *Global Change Biology* 9, 152-160.

Nihlgård, B., Lindgren, L. 1977. Plant biomass, primary production and bioelements of three mature beech forests in South Sweden. *Oikos* 28, 95-104.

Österreichischer Forstverein 1992. Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333, 988–993.

Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B., Tryjanowski, P. 2007. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 79-131.

Rubatscher, D., Munk, K., Stöhr, D., Bahn, M., Mader-Oberhammer, M., Cernusca, A. 2006. Biomass expansion functions for *Larix decidua*: a contribution to the estimation of forest carbon stocks. *Austrian Journal of Forest Science* 123, 87-101.

Schiffel, A. 1904. Wuchsgesetze normaler Fichtenbestände. *Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs* 29, 1-106.

Seeber, J., Seeber, G.U.H. 2005. Effects of land-use changes on humus forms on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol). *Geoderma* 124, 215-222.

Siegl, G., Schermer, M. 2012. Kulturlandschaft woher? Rückblick: Wie Landschaft sich im Lauf der Geschichte entwickelte und welche Kräfte dies bewirkten. In: Tasser, E., Schermer,

M., Siegl, G., Tappeiner, U. (eds.). *Wir Landschaftsmacher (Vom Sein und Werden der Kulturlandschaft in Nord-, Ost- und Südtirol)*. Verlagsanstalt Athesia, Bozen. pp. 59-101.

Sint, H. 1987. *Stichprobeninventurverfahren für Betriebe mittlerer Größe in Tirol*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Stinglwagner, G.F., Haseder, I.E., Erlbeck, R. 2005. *Das Kosmos Wald- und Forst-Lexikon*. Kosmos, Stuttgart.

Stott, P.A., Kettleborough, J.A. 2002. Origins and estimates of uncertainty in predictions of twenty-first century temperature rise. *Nature* 416, 723-726.

Süss, H. 1979. *Stammzahlverteilungen unter der Kluppschwelle am Beispiel der Fichte*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Tappeiner, U., Meixner, W., Siegl, G., Tasser, E. 2008a. Abschlussbericht Historisch-ökologische Längsschnittanalyse alpiner Bodennutzung in Tirol (HISLAB). Universität Innsbruck, Innsbruck.

Tappeiner, U., Tasser, E., Leitinger, G., Cernusca, A., Tappeiner, G. 2008b. Effects of Historical and Likely Future Scenarios of Land Use on Above- and Belowground Vegetation Carbon Stocks of an Alpine Valley. *Ecosystems* 11, 1383-1400.

Tasser, E., Tappeiner, U. 2008. Klima- oder Landnutzungswandel: wer bringt die großen Veränderungen? In: LFZ Raumberg-Gumpenstein (ed.): *Klimaerwärmung im Alpenraum*, 04. – 05.09.2008. Lehr- und Forschungszentrum für Land- und Forstwirtschaft, Irdning. pp. 13-17.

Tasser, E., Pecher, C., Schreiner, K., Tappeiner, U. 2012a. Spurensuche vor Ort. Spiegelbild: Wie die Landschaft in den untersuchten Gemeinden die sich wandelnde Gesellschaft widerspiegelt. In: Tasser, E., Schermer, M., Siegl, G., Tappeiner, U. (eds.). *Wir Landschaftsmacher (Vom Sein und Werden der Kulturlandschaft in Nord-, Ost- und Südtirol)*. Verlagsanstalt Athesia, Bozen. pp. 151-186.

Tasser, E., Schermer, M., Siegl, G., Tappeiner, U. (eds.) 2012b: *Wir Landschaftsmacher (Vom Sein und Werden der Kulturlandschaft in Nord-, Ost- und Südtirol)*. Verlagsanstalt Athesia, Bozen.

Tiroler Landesarchiv 1834. Beschreibung des zum k.k. Sal. Waldamte Innsbruck gehörigen Forstreviers Telfes in Stubai nach seinen Verhältnissen im Jahre 1834. Tiroler Landesarchiv, Handschrift Nr. 3922.

Tolunay, D. 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 35, 265-279.

UNFCCC 2012. Background on the UNFCCC: The international response to climate change. http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php (3.2.2013).

United Nations 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, Genf.

Vilén, T., Gunia, K., Verkerk, P.J., Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lindner, M., Bellassen, V. 2012. Reconstructed forest age structure in Europe 1950-2010. Forest Ecology and Management 286, 203-218.

Von Guttenberg, A. 1834. Beschreibung des zum k.k. Sal. Waldamte Innsbruck gehörigen Forstreviers Telfes in Stubai nach seinen Verhältnissen im Jahre 1834. Tiroler Landesarchiv, Handschrift Nr. 4406.

Weiss, P., Schieler, K., Schadauer, K., Radunsky, K., Englisch, M. 2000. Die Kohlenstoffbilanz des österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Umweltbundesamt, Wien.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

6 Anhang

6.1 Definition der Bestandesklassen

Die Beschreibungen der Bestandesklassen stammen aus dem Waldwirtschaftsplan 2000 (Landesforstdirektion Tirol 2004), konnten aber auch für die Beschreibung der Bestandesklassen 1978 herangezogen werden (Tartarotti, mündliche Mitteilung).

Jungwuchs

„Als Jungwuchs wurden jene Flächen ausgeschieden, die mit gesicherten Verjüngungen bis 1,3 m Höhe bestockt waren.“ (Landesforstdirektion Tirol 2004, p. 54)

Dickung

„Als Dickungen wurden jene Flächen ausgewiesen, auf denen Bestände über 1,3 m Höhe mit Stämmen vorwiegend unter 10 cm BHD stocken.“ (Landesforstdirektion Tirol 2004, p. 54)

Stangenholz

„Als Stangenholz wurden Bestände mit begehbarem Standraum und Stämmen überwiegend zwischen 10 und 20 cm BHD ausgewiesen.“ (Landesforstdirektion Tirol 2004, p. 55)

Baumholz

„Als Baumholz wurden angehend haubare (80 bis 100, maximal 110 Jahre alte) Bestände ausgewiesen, in denen die Bestandesträger überwiegend einen BHD über 20 cm aufweisen.“ (Landesforstdirektion Tirol 2004, p. 55)

Altholz

„Als Altholz wurden sämtliche hiebsreifen Bestände ausgewiesen. Die Hiebsreife wurde am Alter des Bestandes sowie am Mittendurchmesser und am laufenden Zuwachs des Bestandes jeweils in Abhängigkeit von den Möglichkeiten des Standortes bestimmt.“ (Landesforstdirektion Tirol 2004, p. 55)

6.2 Ergebniskarten

Im Folgenden wurden die Ergebniskarten von 1834, 1861, 1947, 1976 und 2000, die jeweils die gesamte Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital und die für die Teilflächen berechneten Baumbiomassewerte enthalten, dargestellt (Abb. 20 – 24). Um einen Überblick über die Detailliertheit der vorhandenen Daten zu erhalten, wurden hier in der Legende jeweils (außer 1947) alle vorhandenen Baumbiomassewerte (t ha^{-1}) angegeben. 1947 war für jede verwendete Waldwirtschaftsplanfläche (außer den Flächen der Altersklassen I und II) ein eigener Holzvorratswert vorhanden (Landesforstinspektion Innsbruck 1948), eine Darstellung aller daraus berechneten Baumbiomassewerte war auf der Karte nicht möglich.

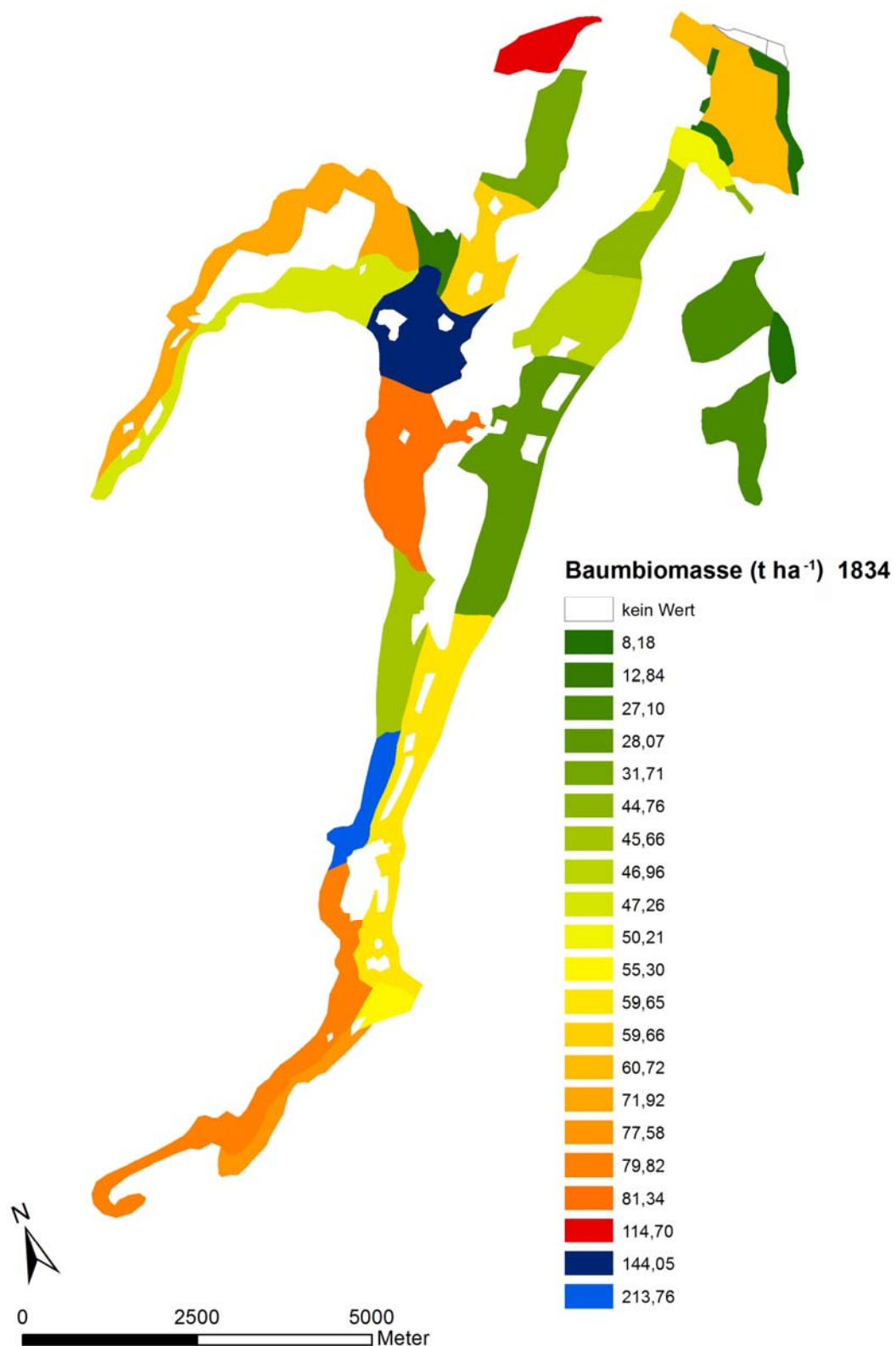


Abb. 21: Karte der Waldfläche 1834 (nach Tiroler Landesarchiv 1834) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834.

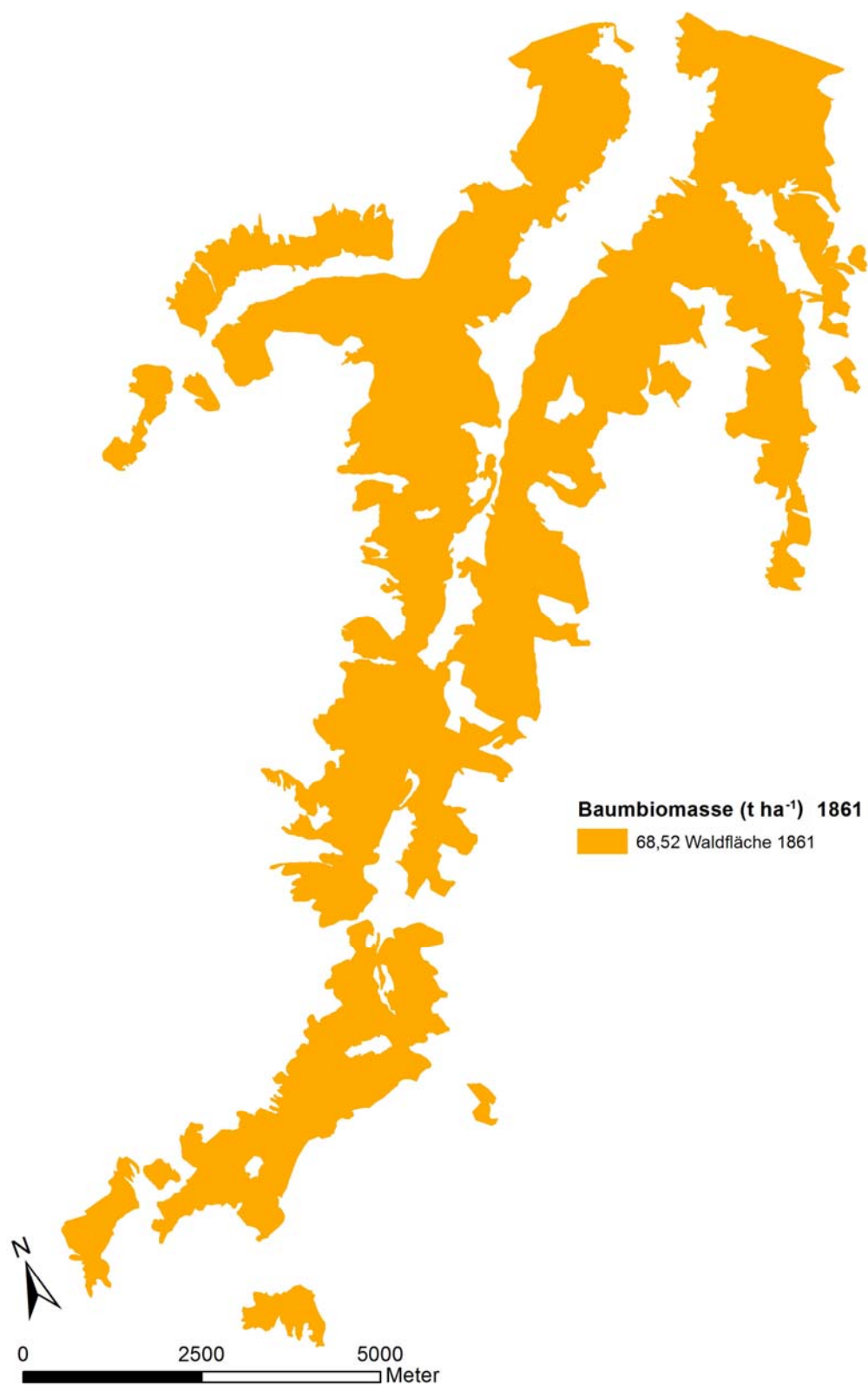


Abb. 22: Karte der Waldfläche 1861 (Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie des den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerts (t ha^{-1}).

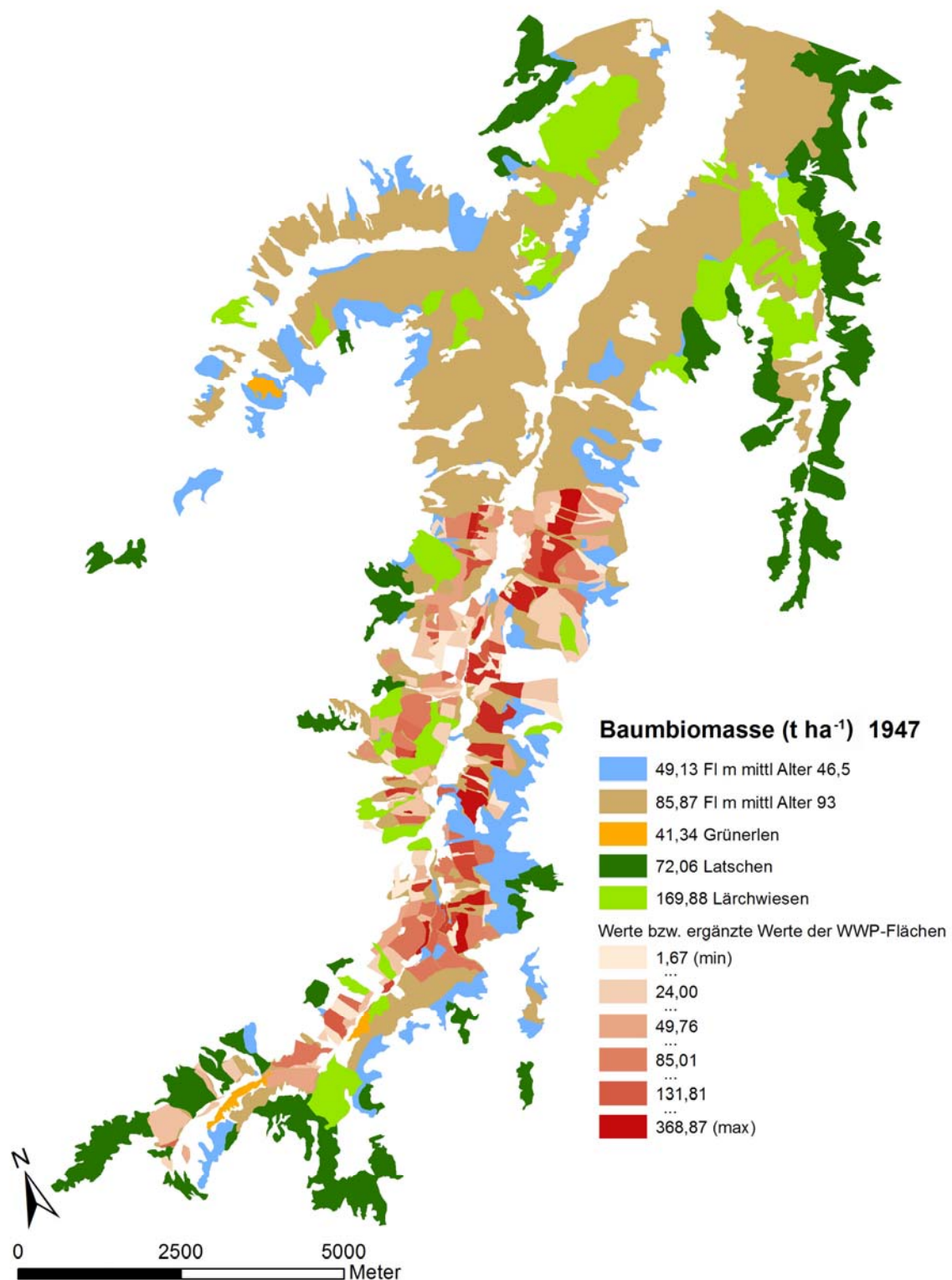


Abb. 23: Karte der Waldfläche 1947 (nach Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen1947.

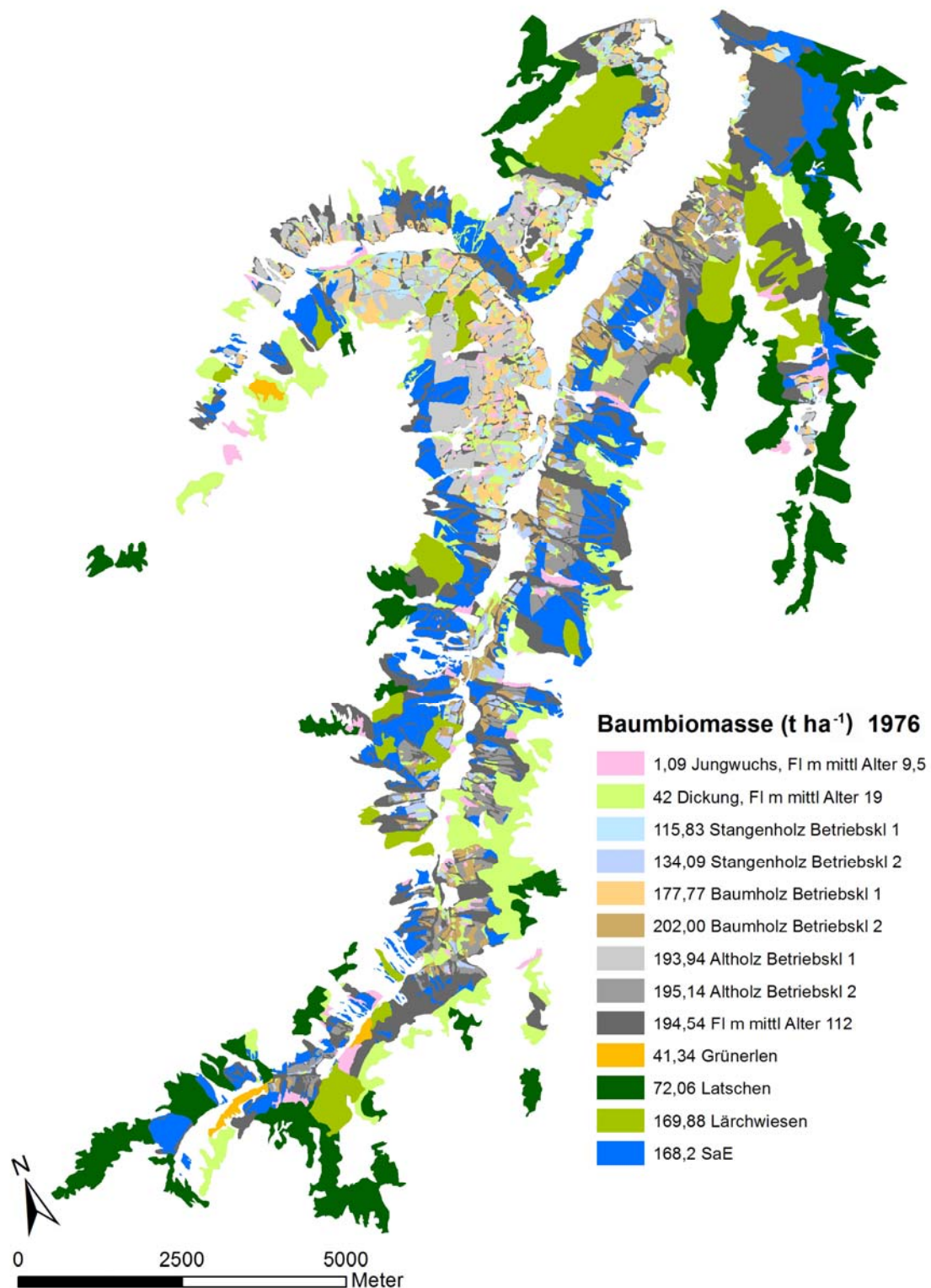


Abb. 24: Karte der Waldfläche 1976 (nach Landesforstinspektion für Tirol 1979, Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen1976.

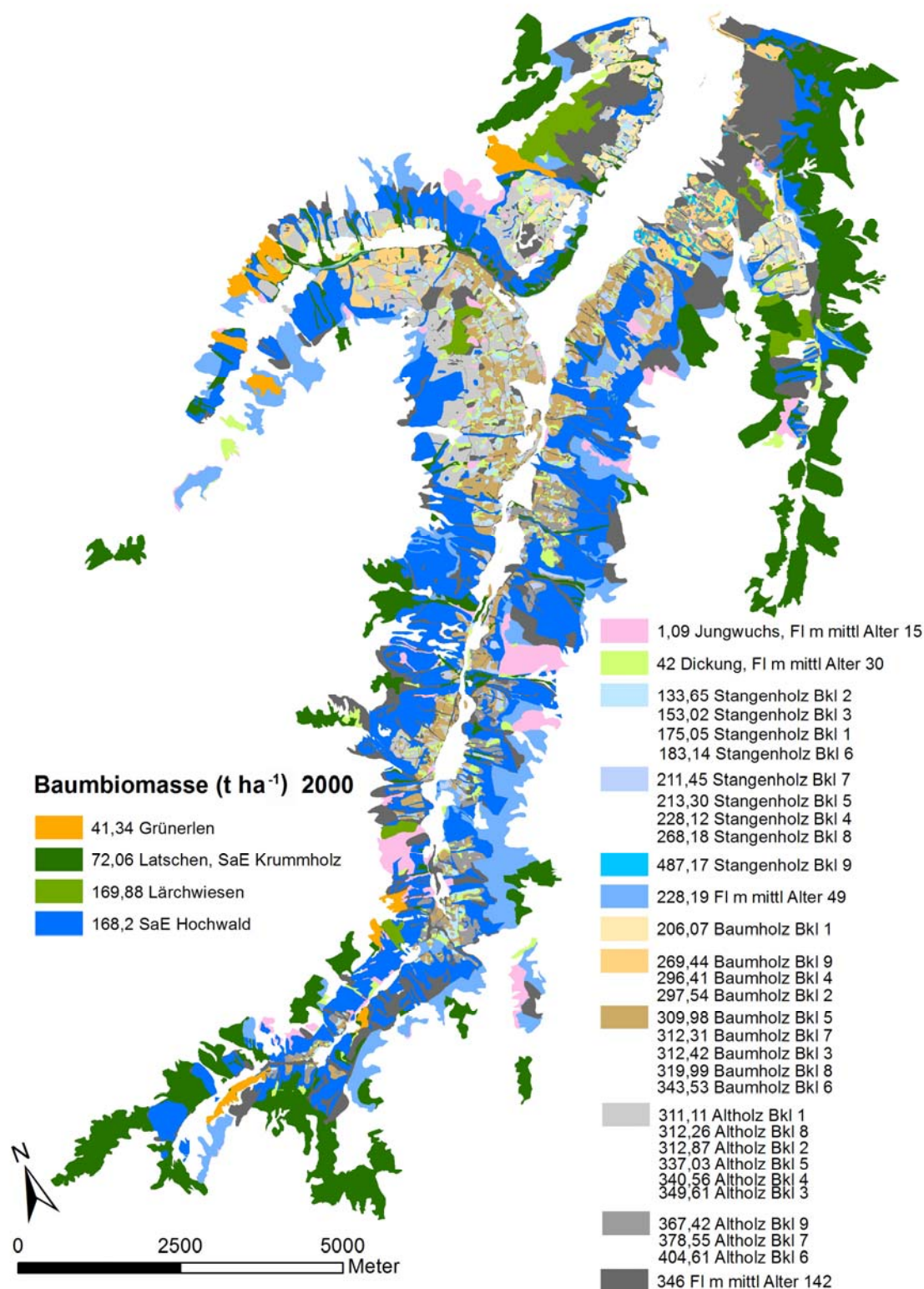


Abb. 25: Karte der Waldfläche 2000 (nach Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen2000.

Quellen1947:

Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Klug-Pümpel 1978, Kircher 1993, Bitterlich 1998, Benter et al. 2003, Li et al. 2003, Havranek und Matyssek 2005, Seeber und Seeber 2005, Rubatscher et al. 2006, Tappeiner et al. 2008b.

Quellen1976:

Dietz 1975, Klug-Pümpel 1978, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Kramer und Krüger 1981, Gassebner 1986, Hager 1988, Bauer 1989, Österreichischer Forstverein 1992, Kircher 1993, Körner et al. 1993, Bitterlich 1998, Benter et al. 2003, Li et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004, Havranek und Matyssek 2005, Seeber und Seeber 2005, Rubatscher et al. 2006, Tappeiner et al. 2008b.

Quellen2000:

Dietz 1975, Klug-Pümpel 1978, Kramer und Krüger 1981, Gassebner 1986, Hager 1988, Bauer 1989, Österreichischer Forstverein 1992, Kircher 1993, Körner et al. 1993, Bitterlich 1998, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Li et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004, Havranek und Matyssek 2005, Seeber und Seeber 2005, Rubatscher et al. 2006, Tappeiner et al. 2008b.

6.3.1 Zusammenfassung

Wälder stellen einen bedeutenden Anteil der weltweiten Landbedeckung (ca. 30 %, FAO und JRC 2012), und einen wichtigen Pool im weltweiten Kohlenstoffkreislauf dar (Houghton 1999). Ausdehnung, Funktion und Nutzung von Wäldern haben sich in der Vergangenheit verändert (Von Guttenberg 1834, Gold 2003, FAO und JRC 2012, Siegl und Schermer 2012). Da im Kyoto-Protokoll bestimmte Waldveränderungen berücksichtigt werden können (United Nations 1998), gab und gibt es derzeit sehr viele Bemühungen, den Kohlenstoffvorrat der Waldflächen möglichst genau zu quantifizieren (zB. Weiss et al. 2000).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Veränderungen im Wald von Neustift im Stubaital (Tirol, Österreich) von 1834 bis 2000 zu erfassen. Die Altersverteilung, Baumbiomasse und deren Kohlenstoffgehalt wurden unter Verwendung von Waldinventurdaten untersucht. Die verfügbaren Holzvorratswerte wurden mittels „stock change method“ (IPCC 2003) auf die Baumbiomasse des Waldes und deren Kohlenstoffvorrat hochgerechnet. Fehlende Werte wurden ergänzt.

Die untersuchten Waldflächen im hinteren Stubaital wurden von 1947 bis 1976 durchschnittlich etwas jünger, die untersuchten Ertragswaldflächen von 1976 bis 2000 dagegen durchschnittlich älter. Grund für die leichte Verjüngung von 1947 bis 1976 war möglicherweise eine übermäßige Holzschlägerung aufgrund des großen Brennholzbedarfs nach dem Krieg (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Die Alterszunahme der untersuchten Ertragswaldflächen von 1976 bis 2000 liegt vermutlich an einer geänderten Waldnutzung. Vermutlich wurde um 1976 deutlich weniger geschlägert als davor, außerdem ging die Waldweide stark zurück (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) und es wurde besonders auf die Schutzfunktion des Waldes geachtet (siehe Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004).

Die Baumbiomasse des Waldes und der darin gespeicherte Kohlenstoff nahmen in Neustift im Stubaital von 1834 bis 2000 stark zu, sowohl insgesamt (1834: 92 000 t C; 2000: 632 000 t C) als auch am Hektar (1834: 31,0 t C ha⁻¹; 2000: 97,2 t C ha⁻¹). Dabei war der Anstieg nach 1947 deutlich größer als davor, zwischen 1976 und 2000 stieg der in der Biomasse gespeicherte Kohlenstoffvorrat um 1,2 t C ha⁻¹ Jahr⁻¹. Ein Grund für diesen Anstieg war die Zunahme der Waldfläche (Tappeiner et al. 2008b). Daneben spielte besonders die geänderte Waldnutzung eine wichtige Rolle: Während die Wälder früher stark übernutzt wurden, zu viel Holz und zusätzlich Streu entnommen, die Wälder beweidet und weitere Schäden durch den Abtransport des Holzes aus dem Wald verursacht wurden, wurde diese Missnutzung des Waldes nach und nach aufgelassen und stattdessen eine nachhaltige Wirtschaftsweise unter Beachtung der Schutzfunktion des Waldes eingeführt (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol

2004). Darüber hinaus dürften auch Stickstoffdepositionen und längere Vegetationsperioden aufgrund des Klimawandels zur Erhöhung des Kohlenstoffvorrats in der Baumbiomasse beigetragen haben (Mund et al. 2002, Nabuurs et al. 2002, Rosenzweig et al. 2007).

Der Anstieg der Baumbiomasse und des darin gespeicherten Kohlenstoffs konnte innerhalb der Bestandesklassen Stangenholz, Baumholz, Altholz (wobei der Wert des Altholzes zwischenzeitlich 1976 auf der untersuchten Fläche unter den Wert von 1947 fiel), innerhalb der Lebensräume (besonders im Nadelwald der montanen und subalpinen Stufe), innerhalb der Höhenstufen und auch dargestellt in Kartenform unter Verwendung von Baumbiomassekategorien gezeigt werden. Höhere Biomassewerte auf den schattseitigen Hängen können durch möglicherweise weniger starke Nutzung erklärt werden. Dass der Lehnwald als Bannwald ausgewiesen war, Übernutzungen dort verboten waren (Landesforstinspektion Innsbruck 1948) und daher vermutlich diese Flächen nicht übermäßig genutzt wurden, könnte die dort besonders hohen Biomassevorräte im Jahr 2000 erklären.

6.3.2 Summary

Up to now there have been changes in forest area, in forest management and in which forest provided functions are important for people (Von Guttenberg 1834, Gold 2003, FAO and JRC 2012, Siegl and Schermer 2012). As certain changes can be considered under the Kyoto Protocol (United Nations 1998), there is currently a lot of research on forest carbon stocks (zB. Weiss et al. 2000).

The aim of this thesis was to find out about changes in the forests of Neustift im Stubaital (Tyrol, Austria) from 1834 to 2000. Age distribution, tree biomass (aboveground and belowground) and carbon stocks were studied using local forest inventories. Timber volume data were expanded to tree biomass and carbon stock using the „stock change method“ (IPCC 2003). Missing values were added.

The studied areas got slightly younger from 1947 to 1976, but older from 1976 to 2000. After the war there was a great need for firewood (Landesforstinspektion Innsbruck 1948) which possibly led to enhanced fellings in this period. The growth of mean age may be due to a changed forest management. There are assumed to have been less fellings in the 1970s than before. Grazing in forests was reduced (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) and people cared especially about the protective functions of forests (see Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004).

Tree biomass and carbon stocks of forests strongly increased from 1834 to 2000, with total carbon stocks being 92 000 t C ($31,0 \text{ t C ha}^{-1}$) in 1834 and 632 000 t C ($97,2 \text{ t C ha}^{-1}$) in 2000. Gain of carbon increased after 1947 and was $1,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ between 1976 and 2000. The increase of carbon stock can partly be explained by an increase of forest area (Tappeiner et al. 2008b). Changed forest management also plays a major role. The forests used to be overexploited. Too much wood and litter were removed from the forests, grazing took place in forest areas and felled volumes injured growing stock while being removed from the forests. As time went by these practices were replaced by sustainable forest management (Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004). In addition to the reasons mentioned above nitrogen depositions and longer vegetation periods due to climate change are assumed to have also played their part in the enhancement of forest carbon stocks (Mund et al. 2002, Nabuurs et al. 2002, Rosenzweig et al. 2007).

The increase of tree biomass and carbon stocks could be found in stands of different age classes, in different habitats, and at different altitudes. Maps showing the spatial distribution of tree biomass were produced. Higher tree biomass was found on the slopes on the shaded side of the valley which may be explained by a possibly less intensive usage of these forests.

In 2000 especially high tree biomass was found in the Lehnerwald, a banned forest where overexploitation was prohibited (Landesforstinspektion Innsbruck 1948). Therefore it was assumed that the Lehnerwald was not too much used in the past.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital in dreidimensionaler Ansicht.	11
Abb. 2: Arbeitsschritte bei der Berechnung von Baumbiomasse und deren Kohlenstoffvorrat des Waldes im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital in den einzelnen Zeitschritten.	17
Abb. 3: Originale Waldkarte des Stubaitals von 1834 (Tiroler Landesarchiv 1834).	18
Abb. 4: Mittels SPLINE (ESRI 2009) entzerrte Karte des Stubaitals von 1834 (Tiroler Landesarchiv 1834).	19
Abb. 5: Kulturen-Skelett-Karte Tirol-Vorarlberg um 1861 von Neustift im Stubaital (Mappenarchiv des Vermessungsamtes Innsbruck 1861).	21
Abb. 6: Bearbeitete und entzerrte Karte zum Waldwirtschaftsplan 1948 basierend auf der Aufnahme 1947 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948).	23
Abb. 7: Bearbeitete Karte 1976 basierend auf den Bestandesaufnahmen 1975 bis 1977 (Landesforstinspektion für Tirol 1979).	24
Abb. 8: Digitale GIS-Datensätze zum Waldwirtschaftsplan 2000 (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004) als Grundlage für die vorliegende Arbeit.	27
Abb. 9: Graphische Darstellung der Waldflächen mit Altersinformation sowie der für die Auswertung der Altersinformationen verwendeten Flächen vor dem Hintergrund der Gesamtwaldfläche 2000 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004).	30
Abb. 10: Schematische Darstellung der Komponenten eines Baumes, in Anlehnung an die Darstellung von Dieter et al. (2001).	35
Abb. 11: Ausweitung der Waldflächen der Waldwirtschaftsplankarten von 1947, 1976 und 2000 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004) mit Hilfe der gesamten Waldflächen von 1954, 1973 und 2003 (Benter et al. 2003).	41
Abb. 12: Flächenanteile der Bestandesklassen innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1976 und 2000.	45
Abb. 13: Verteilung der Waldflächen, für die 1947, 1976 und 2000 eine Altersinformation vorhanden war, im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital.	47
Abb. 14: Flächenanteile der Bestandesklassen innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1947, 1976 und 2000.	47

- Abb. 15: Gesamte im Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital vorhandene Baumbiomasse (in t) 1834, 1861, 1947, 1976 und 2000, getrennt dargestellt für die Flächen, die 1861 bewaldet bzw. nicht bewaldet waren (nach Benter et al. 2003). 48
- Abb. 16: Veränderung der innerhalb der Bestandesklassen Stangenholz, Baumholz und Altholz vorhandenen Baumbiomassen (in t ha⁻¹) von 1947 bis 2000 – innerhalb der kleinsten gemeinsamen Fläche mit Altersinformation von 1947, 1976 und 2000. 50
- Abb. 17: Verteilung der Waldflächen (nach Tiroler Landesarchiv 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004) in den einzelnen Jahren auf die Baumbiomassekategorien zu je 60 t ha⁻¹. 51
- Abb. 18a, 18b: Verteilung der Baumbiomasse (in t ha⁻¹) auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital (a) 1834; (b) 1861; (c) 1947; (d) 1976; (e) 2000. Bearbeitete Kartengrundlagen: Tiroler Landesarchiv 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004. 52
- Abb. 19: Zunahme des Gesamtkohlenstoffvorrats (in t) der Baumbiomasse im Wald im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital von 1834 bis 2000. 57
- Abb. 20: Veränderung der Ausdehnung und Dichte der Waldflächen in Neustift im Stubaital von 1907 bis 2008. Quelle und Urheberrechte: Tasser et al. 2012b. 65
- Abb. 21: Karte der Waldfläche 1834 (nach Tiroler Landesarchiv 1834) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834. 79
- Abb. 22: Karte der Waldfläche 1861 (Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie des den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerts (t ha⁻¹). 80
- Abb. 23: Karte der Waldfläche 1947 (nach Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen1947. 81
- Abb. 24: Karte der Waldfläche 1976 (nach Landesforstinspektion für Tirol 1979, Benter et al. 2003) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen1976. 82
- Abb. 25: Karte der Waldfläche 2000 (nach Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Benter et al. 2003, Landesforstdirektion Tirol 2004) im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital sowie der den Waldflächen zugewiesenen Baumbiomassewerte (t ha⁻¹). Quellen: siehe S. 84, Quellen2000. 83

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bearbeitung der Kartengrundlagen.	26
Tab. 2: Zuordnung der Bestandesklassen zu den einzelnen Altersklassen.	29
Tab. 3: Vorhandene Angaben zum Holzvorrat zu den Karten von 1834, 1947, 1976 und 2000 (Tiroler Landesarchiv 1834, Von Guttenberg 1834, Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion, Landesforstdirektion Tirol 2004).	31
Tab. 4: Faktoren (BEFs) für die Umrechnung von Derbholz in Gesamtbaumbiomasse getrennt nach Altersklassen (nach Kramer und Krüger 1981), sowie die Zuordnung von Bestandesklassen zu den einzelnen Altersklassen.	36
Tab. 5: Faktoren (BEFs) für die Hochrechnung der Derbholzmasse von Stangenholz, Baumholz und Altholz 1976 und 2000 auf die Gesamtbaumbiomasse, berechnet nach Kramer und Krüger (1981).	37
Tab. 6: In den Waldwirtschaftskarten von 1976 (Landesforstinspektion für Tirol 1979) und 2000 (Landesforstdirektion Tirol 2000, Urheberrechte Land Tirol, Landesforstdirektion) ergänzte Gesamtbaumbiomassewerte.	39
Tab. 7: Jahreszahlen der Waldflächendaten, um die die ursprünglichen, aber unvollständigen Waldflächendaten aus den Waldwirtschaftsplänen von 1947, 1976 und 2000 (Landesforstinspektion Innsbruck 1948, Landesforstinspektion für Tirol 1979, Landesforstdirektion Tirol 2004) ergänzt wurden, sowie die Zeitdifferenz in Jahren innerhalb der zusammengeführten Daten.	40
Tab. 8: Verwendete Gesamtbaumbiomassewerte für die Kategorien Grünerlengebüsche, Latschengebüsche und Lärchwiesen (nach Benter et al. 2003).	42
Tab. 9: Zusammenstellung der verwendeten Gesamtbaumbiomassewerte für die entsprechenden Restflächen.	43
Tab. 10: Mittlere Gesamtbaumbiomasse (in $t\ ha^{-1}$) in den einzelnen Jahren (flächengewichteter Mittelwert aller Baumbiomassen ($t\ ha^{-1}$)).	49
Tab. 11: Zunahme der Baumbiomasse (in $t\ Jahr^{-1}$, bzw. in $t\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital zwischen den einzelnen Zeitschnitten.	49
Tab. 12: Verteilung der Waldflächen mit Angabe des Lebensraumtyps (Benter et al. 2003) auf die Baumbiomasseklassen zu je $60\ t\ ha^{-1}$.	54
Tab. 13: Verteilung der Waldflächen der einzelnen Höhenstufen (Höhenmodell, Jarvis et al. 2008) auf die Baumbiomasseklassen zu je $60\ t\ ha^{-1}$.	56
Tab. 14: Mittlerer Kohlenstoffvorrat (in $t\ ha^{-1}$) in den einzelnen Jahren (flächengewichteter Mittelwert aller Kohlenstoffvorräte ($t\ ha^{-1}$)).	57

Tab. 15: Zunahme des Kohlenstoffvorrats (in t Jahr^{-1} , bzw. in $\text{t ha}^{-1} \text{Jahr}^{-1}$) in der Baumbiomasse auf der Waldfläche im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital zwischen den einzelnen Zeitschnitten.

58

Danksagung

Die Arbeit entstand in Kooperation mit dem Institut für Ökologie der Universität Innsbruck, über die das Thema zustande kam, und deren Mitarbeiter in den verschiedensten Stadien der Bearbeitung des Themas eine große Hilfe waren.

Großer Dank gilt in erster Linie Priv.-Doz. Dr. Mag. Erich Tasser (EURAC), der mich in Innsbruck und auch nach meiner Rückkehr nach Wien bei der Bearbeitung des Themas unterstützte, diverse Unterlagen zur Verfügung stellte, und für Fragen immer schnell erreichbar war.

Dank gilt weiters Maria Bacher MSc. vom Institut für Ökologie der Universität Innsbruck, die mit der ersten Bearbeitung der Grundlagendaten bereits vor meiner Übernahme des Themas begann, und auf deren Bearbeitungen ich zurückgreifen konnte. Danke außerdem allen Mitarbeitern des Instituts für Ökologie der Universität Innsbruck, die mir bei Fragen oder durch ihr Feedback weiterhelfen konnten. Vielen Dank außerdem Univ.-Prof. Dr. Ulrike Tappeiner für die freundliche Aufnahme an der Universität Innsbruck und die Unterstützung bei der Übernahme des Themas.

Weiters möchte ich mich ganz herzlich bei D.I. Dr. Dieter Stöhr (Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Forstorganisation), D.I. Florian Riccabona (Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Forstplanung) sowie bei Dipl. Ing. Siegfried Tartarotti, der an der Erstellung des Waldwirtschaftsplans 1978 beteiligt war, bedanken, die durch hilfreiche Anregungen und besonders die Beseitigung von Unklarheiten in Bezug auf die einzelnen Waldwirtschaftspläne diese Arbeit erst ermöglicht haben. Vielen Dank an D.I. Dr. Dieter Stöhr auch für die zur Verfügung Stellung diverser Unterlagen. Darüber hinaus gilt ein herzlicher Dank auch Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Otto Eckmüller vom Institut für Waldwachstumsforschung der Universität für Bodenkultur, der mir beim Vergleich der Holzvorratswerte sehr weiterhelfen konnte.

Herzlicher Dank gilt schließlich Ass. Prof. Mag. Dr. Karl Reiter für die Betreuung an der Universität Wien, sowie generell dem Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie für spannende und interessante Lehrveranstaltungen.

Danke außerdem an alle Freunde, Mitbewohner, Geschwister und Verwandte für Zeit und ein offenes Ohr, und meinen Eltern, die mich im Laufe meines Studiums sehr unterstützt und dieses damit möglich gemacht haben.

Lebenslauf

MONIKA PATEK

AUSBILDUNG

seit 10/2005	Diplomstudium Biologie / Ökologie mit Spezialisierung auf Vegetations- und Landschaftsökologie an der Universität Wien
06/2004	Matura Bundesgymnasium Zehnergasse, Wr. Neustadt, sprachlicher Zweig
seit 10/2010	Tutorien der Lehrveranstaltungen an der Universität Wien „Anwendung geographischer Informationssysteme, Geostatistik und Raumanalyse in den Biowissenschaften“ „GIS II – UE – Anwendung geographischer Informationssysteme, Geostatistik und Fernerkundung II (für Fortgeschrittene)“ „Vegetations- und Landschaftsökologie – Monitoring in Großschutzgebieten“ „Spezielle Kenntnis der Schutzgüter: Arten montan / alpiner Lebensräume“