

# **Datasets for deriving functions for the stem- and branchwood volume in the Swiss National Forest Inventory.**

–

Further development of “Dokumentation Archivprojekt  
Datengrundlagen Biomassenfunktionen (Astderbholz, Reisig)” by  
Liechti S. 2019

23 November 2022

Markus Didion, Anne Herold, Zeljka Vulovic, Jens Nitzsche, and Jonas Stillhard,

with further contributions by Esther Thürig, Meinrad Abegg, Jonas Glatthorn, and Jürgen Zell

Forest Resources and Management, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape  
Research WSL

## Summary

In the Swiss National Forest Inventory (NFI) the volume of the stem and of large ( $\geq 7$  cm in diameter) and small branches is estimated based on allometric functions. These functions were developed based on data collected within the permanent plot network of the Experimental Forest Management (EFM) sites at WSL. To obtain information on the origin of these data, the project “Validierung und Sicherstellung der bestehenden Datengrundlage für Biomassefunktionen” was carried out in 2018 to 2019. The project results were reviewed in 2021 and additional information was collected in 2022.

The data review in 2022 clarified and expanded the information of the project in 2018-2019 on the two known digital datasets on stem- and branchwood volume. In particular, the measurement methods were reviewed to evaluate the completeness and accuracy of the data in the digital datasets. Further the origin of the digital datasets was identified. The dataset on stemwood volume contains 38'864 single tree data for the mean crosswise diameter at two meter sections along the stem plus an additional measurements at 1.3 m (i.e. DBH) where the diameter is greater than or equal to 7 cm (i.e. threshold of merchantable wood) and the lengths of the stem from the base to the threshold of merchantable wood and to the tree top. The measurements were collected on 768 EFM sites in the period 1888 to 1974. The stemwood dataset was converted from handwritten field recording forms to punchcards in the mid-1970s and later into a digital format. The dataset on branchwood is based on a subset of the stemwood data and contains in the raw format information on 14'712 single trees. It includes aggregated data from the stemwood dataset, i.e. the DBH, the stem-diameter at 7 m from the base, and the tree height from the base to the top, as well as the measured volume of large and small branches. The dataset was built in the mid-1980s by merging the digitized branchwood data with the existing stemwood dataset. In addition to the stem- and branchwood datasets, the 2022 review identified digital datasets containing aggregated stemwood measurements, stemwood-diameter measurements along the stem over and under bark, and the handwritten field recording forms with data on foliage mass. The latter are the basis of the allometric equations to estimate needle and leaf biomass in the NFI.

In this review, both datasets were checked for plausibility and duplicated entries. Duplicates were removed as far as possible and the branchwood volume data were appended to the stemwood dataset to obtain a final, single file with matching single tree data. Furthermore, additional datasets that were identified in the course of the review were evaluated.

## Contents

Summary .....	2
1 Introduction .....	4
2 Background and motivation .....	5
3 Consolidated findings.....	5
3.1 Existing datasets for developing the NFI functions.....	5
3.2 Documentation of the stemwood and branchwood datasets.....	7
3.2.1 Materials.....	7
3.2.2 Findings on measurement methods and field documents.....	12
4 Data analysis and processing.....	19
4.1 Plausibility checks and cleaning of digital copies of punchcard data .....	20
4.1.1 Removing replicates .....	20
4.1.2 Plausibility and accuracy.....	22
4.2 Merging the stemwood and branchwood datasets .....	27
4.2.1 Representativity of the tree data in the final linked dataset .....	28
4.3 Further expansion of the data .....	32
4.4 Further data.....	33
5 Recommendations and further development.....	33
Acknowledgements .....	34
References .....	35
Appendix I– Meeting protocols.....	38
Appendix II – Definition of site variables in stemwood and branchwood dataset.....	44
Appendix III – Field recording forms .....	50
Appendix IV – Instructions to convert measured data from field recording forms to punchcards	51
Appendix V – Project C. Hoffmann to digitize branchwood data .....	52
Appendix VI – Modifications of measurements starting in the 1970s.....	79

# 1 Introduction

In the Swiss National Forest Inventory (NFI) the volume of the stem and of large ( $\geq 7$  cm in diameter) and small ( $< 7$  cm in diameter) branches is estimated based on allometric functions (Herold et al. 2019). These functions were developed based on data collected within the permanent plot network of the Experimental Forest Management (EFM) sites at WSL (Forrester et al. 2019; Forrester et al. 2021b). Two separate datasets were available for the volume functions described in Herold et al. (2019): i) the dataset to derive the functions for stemwood volume with 38'864 single tree data for the crosswise diameter at two meter sections along the stem where the diameter is greater than or equal to 7 cm (i.e. threshold of merchantable wood) plus an additional measurements at 1.3 m (i.e. DBH) and the lengths of the stem from the base to the threshold of merchantable wood and to the tree top; ii) the dataset to derive the function for branchwood separately for large branches and for small branches with 14'712 single tree data for the DBH, the stem-diameter at 7 m from the base, the tree height from the base to the top, and the measured volume of large and small branches.

To obtain information on the origin of these data, the project “Validierung und Sicherstellung der bestehenden Datengrundlage für Biomassefunktionen” was carried out in 2018 to 2019 (Liechti 2019). The project results were reviewed in 2021 by M. Didion. This review identified several knowledge gaps and, consequently, additional information was collected in 2022. This report presents the outcome of the additional data review in 2022. The main objectives of this second review were to i) double-check information in the initial survey of Liechti (2019) particularly regarding the origin of the data and the measurements units, ii) evaluate the plausibility of the information contained in the two datasets, iii) identify the link between the stem- and branchwood data, and iv) locate additional data alluded to in Liechti (2019).

The review in 2022 followed up on the findings of Liechti (2019) and the identification of knowledge gaps presented and discussed in a meeting on 6<sup>th</sup> April 2022 (Appendix I). The main knowledge gaps were related to the derivation of the volume of large and small branches in the branchwood dataset including the meaning of the large number of zero ('0') values for the volume (i.e. NULL for not measured or true zero for not present), the measurement units, and the possibility to link the stem- and branchwood data at the level of individual trees as the branchwood dataset was lacking the relevant information. To this end catalogued handwritten field recording forms of the EFM-Archive with single tree measurements as well as uncatalogued handwritten, printed, and digital material were searched to obtain additional information. The progress and conclusions were discussed in additional meetings on 20<sup>th</sup> May and 14<sup>th</sup> July 2022 (Appendix I).

## 2 Background and motivation

The Swiss NFI is the main source of nationally representative information on the state and state changes of forest volume, biomass, and carbon stocks in Switzerland. Data from the NFI are the basis for several research, monitoring, and reporting programs such as national and international forest reports and greenhouse gas reporting. It is therefore important that data and methods for estimating the forest resources are well documented. The methods applied in the Swiss NFI are continuously improved and regularly documented (e.g., Brassel and Lischke 2001; Fischer and Traub 2019). The volume of the stem and of large and small branches is estimated using various models fitted based on data collected on EFM sites (Herold et al. 2019). To address identified shortcomings on the origin of these data, the project “Validierung und Sicherstellung der bestehenden Datengrundlage für Biomassefunktionen” was launched in 2018 (Liechti 2019; <https://www.wsl.ch/de/projekte/datengrundlage-fuer-biomassefunktionen.html> ) with the objectives of obtaining metadata for the available datasets, and validating and documenting the data. It should be noted that Liechti (2019) had access to only a incomplete branchwood dataset with missing information on site details.

## 3 Consolidated findings

This section presents the knowledge gained in the review in 2022.

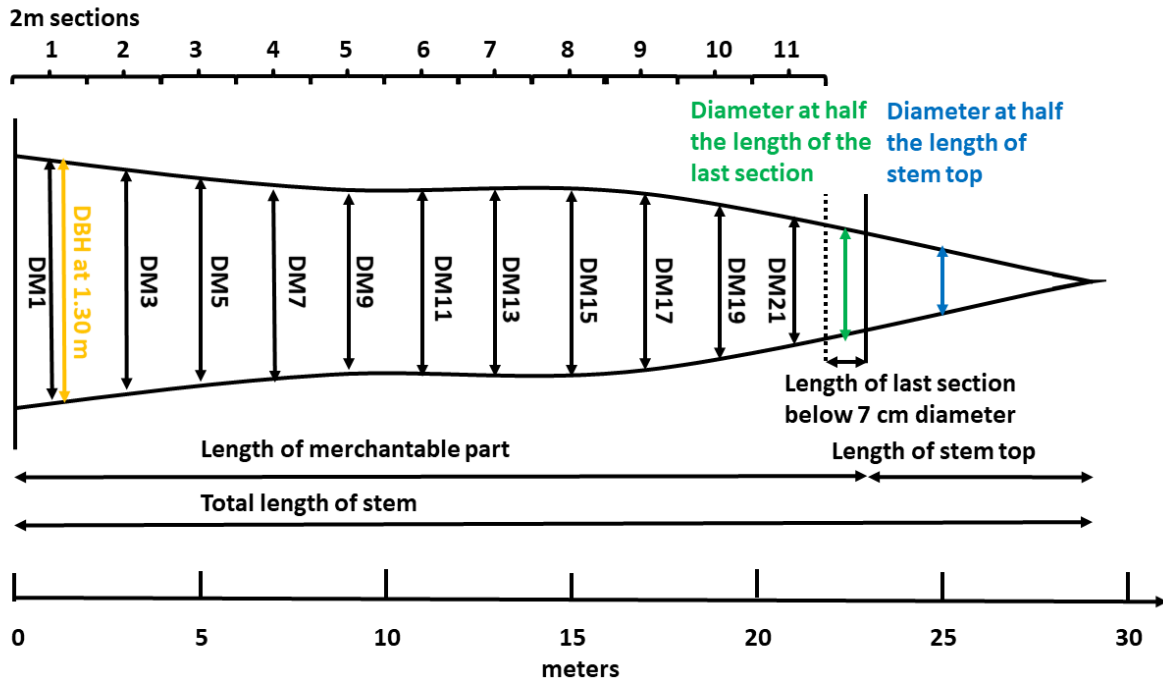
### 3.1 Existing datasets for developing the NFI functions

To develop the volume functions for stemwood and branches greater than or equal to 7 cm in diameter Kaufmann (2001) had access to two datasets with single tree data from EFM sites on stemwood and branchwood. The volume function for small branches (< 7 cm in diameter) was developed later and is documented in Herold et al. (2019). The stemwood dataset includes detailed information on the sample site, the forest stand, and diameter and height measurements of the stem. The branchwood dataset includes only basic site and tree information in addition to the measured volume of large and small branches (Table 1; Figure 1). Until the second data evaluation reported here, the definitions and units of some variables including stemwood and branchwood volume were not conclusively identified. Also, the link between the two datasets could not be established, and duplicates of tree records remained in the branchwood dataset.

**Table 1.** Contents of the stemwood and branchwood datasets available to (Kaufmann 2001) for developing volume functions for stemwood and branches  $\geq 7$  cm in diameter.

ID	Variable	Unit	included in		
			stemwood	branchwood	final linked dataset
1	tree number <sup>1</sup> - ascending order		BANR		
2	code <sup>2</sup>		CODE		
3	site pre-number <sup>2</sup>		FLVORZ	FV	FV
4	site identifier <sup>2</sup>		FLNR	FN	FN
5	plot identifie <sup>2, 3</sup>		TEILFLNR	TFL	
6	year of observation <sup>3</sup>	year	AJAHR	AJ	AJ
7	postal code <sup>3</sup>		PLZ		
8	geographic unit <sup>2</sup>		GEBIET	GEBIET	GEBIET
9	slope <sup>2</sup>		NEIG		
10	aspect <sup>2</sup>		EXPOS		
11	tree species composition <sup>2</sup>		BAZUS		BAZUS
12	stand age composition <sup>2</sup>		ALTAUFB		ALTAUFB
13	tree age	year	AGE	ALT	ALT
14	tree number - site specific		BNRKORD	BNR	BNR
15	estimated stemwood volume <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup>	VKEG	SVOL	
16	tree position in the forest stand <sup>2</sup>		SOZSTEL <sup>1</sup>	SOZ	
17	stump rot <sup>2</sup>	m	STOCKF <sup>1</sup>		
18	tree species <sup>2</sup>		BARTSM	BART	BART
19	estimated tree top volume <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup>		GSVOL	
20	volume of branches $\geq 7$ cm in diameter	dm <sup>3</sup>		ASTDHVOL	ASTDHVOL
21	volume of branches $< 7$ cm in diameter	0.1 * dm <sup>3</sup>		REISVOL	REISIGVOL
22	match between datasets <sup>4</sup>			LD7	
23	DBH - mean of two crosswise measurements	mm	BHD	BHD	BHD
24	length of stem from tree base to diameter of 7 cm	dm	DERBHL		DERBHL
25	length of stem from tree base to tree top	dm	BHOH	SH	SH
26	stem diameter at length 1m from the base	mm	DM1		DM1
27	stem diameter at length 3m from the base	mm	DM3		DM3
28	stem diameter at length 5m from the base	mm	DM5		DM5
29	stem diameter at length 7m from the base	mm	DM7	D7	DM7
30, 31, etc. <sup>5</sup>	stem diameters at additional two meter sections to stem length where diameter = 7 cm	mm	DM9, DM11, ..DM59		DM9, DM11, ..DM59

<sup>1</sup> Tree numbers do not necessarily match the tree numbers in the EFM dataset in treedb; <sup>2</sup> See Appendix II for additional details; <sup>3</sup> Data were not consistently entered; <sup>4</sup> See section 4.1.2; <sup>5</sup> The digital dataset contains extrapolated diameters for further sections above the measured 7 cm threshold; see section 3.2.2.1.



**Figure 1.** Measurements along the stem. DM1, DM3, DM5, etc. indicate the crosswise measured diameter at the midpoint of 2 m sections along the stem below the threshold of 7 cm diameter.

## 3.2 Documentation of the stemwood and branchwood datasets

### 3.2.1 Materials

The stemwood and branchwood datasets used in the NFI (section 3.1) can be traced back to data collected on EFM sites. In total, the raw stemwood dataset contains information on 38'864 and the raw branchwood dataset on 14'712 individual trees (Table 2). Following the approach described in Liechti (2019), handwritten originals of the field recording forms were reviewed. These are available in the research collection of the WSL archive under “Wissenschaftliche Sammlung Ertragskunde” (<https://archportal.wsl.ch/objects/10>). In addition uncatalogued documents available in the EFM archive and from members of the EFM team in form of paper copies and in digital format were reviewed. Besides the field recording forms, the most valuable information was available in paper copies of correspondence, manuals, and protocols from the mid-1970s and mid-1980s on converting the measured data from field documents to punchcards that were found in the EFM archive as well as in the uncatalogued collection of the Directors Board.

**Table 2.** Summary of the raw stemwood and branchwood datasets.

	Stemwood dataset	Branchwood dataset
Number sampling sites [N]	768	585
First and last year of observation	1888-1974	1888-1961
Number of observations [N]	87	69
Single tree data [N]	38'864	14'712

<sup>1</sup> see Table 1 and Appendix II for details

### 3.2.1.1 Field recording forms

For each site several field recording forms (FRF) were used to record different data such as site descriptions, measurements, and calculated data. In the early years, detailed reports about the development of stands in EFM sites between inventories (years of observation) was documented in “Bestandesbeschreibungen” forms (FRF ‘E’). However, in most cases very little information was documented about the methodology used during the measurements.

Field measurements were recorded on paper copies of FRF until electronic recording of data became possible in the 1980s using Husky field computer (A. Zingg, personal communication). No specific and detailed field instructions could be identified. The most valuable information comes from several reports published in the ‘Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen’ from the late 1800s and the early 1900s, which are available as scans in the Digital Object Repository at WSL ([www.dora.lib4ri.ch/wsl/](http://www.dora.lib4ri.ch/wsl/)) including

- Flury (1898): general description of the measurements of lying harvested trees (chapter 1), including a definition of the diameter threshold for to distinguish between large (i.e. merchantable-sized wood; ‘Derbholz’) and small branches (p. 135).
- Flury (1907): general description of available sites and stands (chapter 1) and of measurements (chapter 2), including the separate diameter measurements along the merchantable-sized part of the stem in 2 m sections and of the merchantable-sized branches in 1 m sections (pp 30-31), and of small branches below the threshold for merchantable sized wood (p. 32).
- Flury (1892): Derivation of conversion factors to obtain the volume of small branches from the weight measured in the field.

Site and stand description, single-tree specific measurements, and aggregated tree and stand data were recorded in separate forms. Based on the number of plots (Table 1; plot identifier, variable ID 5) separate copies of the forms were maintained. Further for each survey year and examined tree species (Table 1; year of observation and tree species, variable IDs 6 and 18) new copies were started. The relevant data for this report, i.e. single tree data on diameter and height measurements and on branchwood volume, can be found in FRF ‘B.2’ on lying trees after harvest



(‘Vermessung und Inhaltsberechnung der liegenden Probestämme’) and FRF ‘J’ . In FRF ‘B.2’ (Figure 2) the measurements of the stem of each single tree were recorded (Table 1; variable IDs 22 and higher). FRF ‘B.2’ contains also data (Figure 2), which was not transferred to punchcards and thus to digital format presented in Table 1:

- diameter of branches measured at half the lengths of 1m sections if equal to or greater than 7 cm
- length and diameter at half the length of the last section of the stemwood where the diameter is equal to or greater than 7 cm if less than 2 m
- length and diameter at half the length of the stemwood section where the diameter is less than 7 cm to the tree top
- length and diameter of the tree crown
- stump height measured on uneven terrain on the upslope facing side and stump diameter measured at the top; not consistently measured.
- diameter measured at 0.65 m from the base of the stem; not consistently measured.
- weight and volume of smaller branches.

Although stem and branch diameters were always measured crosswise, in the majority of cases only the mean of the two crosswise measurements was recorded.

FRF ‘J’ contains calculated data on the volume of the merchantable part of the stemwood and merchantable-sized branchwood (Figure 3). The data on merchantable-sized branchwood volume in FRF ‘J’ are the source of the data in the branchwood dataset.

Note that over time the format of the field recording forms was modified while the contents remained the same with minor differences particularly in FRF ‘B.2’, e.g. for tree number and diameter at 0.65 m (Appendix III for examples).

Liechti (2019, chapter 2.3) provides a detailed overview of the field recording forms in the in the EFM-Archive.

Formular B.

Eidgen. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen.

*Angewandt*  
**Vermessung und Inhaltsberechnung der Probestämme.**

Kanton: *Graubünden* Gemeinde: *Chur*

Waldeigentümer: *Stadt Chur*

Abtheilung: *Braudrüti*

Fläche Nro.: *7 B.*

Holzart: *Föhre*

Jahr und Monat der Aufnahme: *20 Mai 1895* Aufgenommen von: *Sadoux*

Dauer der Untersuchung: *1 3/4 Std. (incl. Höhenrieck)*

Abwechmittl. Hgh. d. St. *115* Tagbuch Nro.: *102*  
*Stk. 75-76.* Seite: *109.*

411083-991 41 4110800 1891 41

Des Stammes Nro.	Alter in Jahren	Durchmesser des Stammes 2 m über dem Boden	Der 1 oder 2 m. langen Sectionen mittlerer Durchmesser. Höhe Kreis gemessen		Des Stammes bis zur obersten Verzweigung	Höhe der Krone bis zur obersten Verzweigung	Des Stammes bis zur obersten Verzweigung	Höhe der Krone bis zur obersten Verzweigung	Schiefwinkel des Stammes (α)	Länge des Stammes	Querschnitt des Stammes	Inhalt des Stammes	Inhalt des Stammes		Perimeter des Stammes	Durchschnittswert des Stammes	Das Verhältnis des Stammes zum Gesamtwert	Ergebnis der Berechnung	Anmerkungen	Zusatz	
			2 m	1 m									Stamm	Krone							
1	93	37.2	38.7-35.9-34.0-32.6-31.8-31.0-30.0 27.5-25.8-24.8-21.5-19.8-10.6-7.7 9.0-8.2-4.4-4.0-10.8-9.9-8.6-7.9-8.9-8.6 8.3-7.6-7.4	28.0	4.2	2.7	32.4	18.6	5.2	1.8	4.2	3.2	8.1	0.3	0.10	1.7	3.0	2.0	7.4		
2	86	33.7	35.9-32.0-30.0-29.1-27.7-27.1-26.2 25.7-24.2-23.1-21.2-19.0-18.3-11.3 10.2-10.0-8.3-7.3-9.0-8.3-7.5	1.8	8.4	29.8	4.0	3.0	33.8	12.0	5.6	1.7	9	0.1	0.7	3.3	1.4	7.1	1.6	4.5	
3	80	29.9	30.2-28.3-27.0-26.0-25.6-24.8-24.4 20.6-19.9-19.3-18.0-15.8-14.3 14.2-10.8-10.7-10.1-9.0-8.9-8.6-8.3-7.5	1.6	8.4	27.6	4.6	3.1	32.2	22.2	4.6	1.2	5	0.1	0.12	1.1	4.6	1.2	6.5		
4	86	28.1	29.5-26.2-25.2-24.4-21.0-19.1-18.8 18.2-17.0-17.8-11.2-9.4 10.3-10.0-14.6-8.9-8.2-7.4-13.5-12.1-12.0-11.9-11.6	1.6	7.4	25.6	4.4	2.5	30.0	21.2	3.8	1.1	1	0.1	0.10	0.9	4.6	1.0	5.3		
5	84	26.3	26.5-25.0-24.1-23.8-22.2-20.8-20.0 11.9-6-19.3-17.9-15.0-12.7-10.4	1.0	7.5	27.0	4.0	2.7	31.0	11.4	3.6	7	0.0	0.07	0.55	0.8	4.2	0.9	1.6		
6	84	25.2	25.5-23.5-22.3-21.1-20.4-19.5-18.5 17.1-16.3-15.0-11.0-9.8 9.0-8.7-7.4	0.8	8.7	24.8	5.2	3.0	30.0	12.6	4.0	7	0.0	0.07	0.5	0.6	9.4	0.7	1.2		
7	88	24.2	24.7-23.4-22.0-21.0-19.7-19.1-17.9 16.5-16.2-14.5-11.8-8.5	0.4	7.3	24.4	5.2	3.1	29.6	11.6	4.8	8	0.0	0.08	0.23	0.6	4.7	0.7	3.0		
8	84	22.8	23.5-22.3-21.3-21.0-20.5-19.5-18.6 18.0-16.0-10.4-9.0 12.2-9.8-9.0-8.2	1.2	7.6	23.2	5.8	3.9	29.0	11.2	3.8	7	0.0	0.07	0.55	0.6	4.2	0.7	1.8		
9	84	22.1	22.7-21.3-20.6-19.5-18.8-18.4-16.9 16.2-15.7-13.7-11.1-8.3	1.0	7.3	25.0	4.4	3.5	29.4	14.2	4.2	6	0.0	0.06	0.68	0.5	7.6	0.6	4.2		
10	77	20.7	21.0-20.1-19.0-18.0-17.0-16.6-15.0 14.7-12.0-10.3-8.0-7.2 8.1-7.8-7.4	-	2.4	5.2	3.2	29.2	12.4	3.0	4	0.0	0.04	0.7	0.4	6.9	0.5	1.0			
11	82	18.4	18.8-18.0-17.6-16.5-15.8-15.6-14.5 13.5-12.7-12.1-8.3	-	2.2	6.6	3.5	28.6	13.8	2.6	6	0.0	0.06	0.9	0.3	6.0	0.4	6.0			
928			84 Jahre als Probestämme		28.6	33.5	11.1	11.1	30.7	14.9	4.1	1.2	2.4	1.1	8.4	9.6	0.3	10.7	8.5		

**Figure 2.** Example of field recording form 'B' with data on diameters of 2 m sections along the stem, stem lengths, and on small branch (< 7 cm in diameter) volume. The third column includes the diameters measured at 2 m sections along the stem and diameters measured at 1m sections along the larger branches separated by a horizontal line. Note that red markings stem from the conversions of measured data to punchcards.

**Berechnung des Inhalts der Probestämme.** *Formular J.*

Abtheilung: *Lagrain.* 1892

Holzart: *Buche.* Nro. 108.B Reisigmasse Tagebuch Nro. 64 Seite 99. 8° = 11 Stück

N <sup>o</sup> 1			N <sup>o</sup> 2		
Section	Stamm	Aeste	Section	Stamm	Aeste
1	0 1 1 5 2	0 0 0 6 4	1	0 0 9 5 4	0 0 0 8 7
2	1 0 1 2	5 3	2	8 0 4	8 2
3	9 0 8	1 5 8	3	7 0 7	5 4
4	8 3 5	9 2	4	6 6 5	4 2
5	7 9 4	7 7	5	6 0 3	6 4
6	7 5 5	5 8	6	5 7 7	5 4
7	7 0 7	4 9	7	5 3 9	4 4
8	5 9 4	6 2	8	5 1 9	1
9	5 2 3	5 8	9	4 6 0	
0	4 8 3	5 4	0	4 1 9	
1	3 6 3	4 8	1	3 5 3	
2	1 9 6	4 3	2	2 5 4	
3	8 8		3	1 3 9	
1 4	4 7		1 4	1 0 0	
5			5		
6			6		
7			7		
8		7 6	8		
9			9		
0	6 7 6	0 0 8 1 6	0	4 7	0 0 4 2 7
Sect.	0,8 4 5 7 m <sup>2</sup> × 2 m L. =	1,6 9 1 4 m <sup>3</sup>	Sect.	0,7 0 9 6 m <sup>2</sup> × 2 m L. =	1,4 1 9 2 m <sup>3</sup>
Endst.	— m <sup>2</sup> × — m „ =	— m <sup>3</sup>	Endst.	0 0 0 5 5 m <sup>2</sup> × 1,8 m „ =	0,0 0 9 9 m <sup>3</sup>
	<b>Derbholz:</b> 1,7 7 3 0 m <sup>3</sup>			<b>Derbholz:</b> 1,4 7 1 8 m <sup>3</sup>	
	<b>Reisig</b> m <sup>3</sup>			<b>Reisig</b> m <sup>3</sup>	
	<b>Gesamtmasse</b> m <sup>3</sup>			<b>Gesamtmasse</b> m <sup>3</sup>	
d 1,3 m	cm		d 1,3 m	cm	
g	m <sup>2</sup> g × h =	m <sup>3</sup>	g	m <sup>2</sup> g × h =	m <sup>3</sup>
h	m		h	m	
Formzahl für das Derbholz	f <sup>0</sup> O,		Formzahl für das Derbholz	f <sup>0</sup> O,	
do. „ die Gesamtmasse	f <sup>0</sup> O,		do. „ die Gesamtmasse	f <sup>0</sup> O,	
$\frac{h}{d}$	=		$\frac{h}{d}$	=	
Abnahme des Durchmessers			Abnahme des Durchmessers		
d 1,3 m =	cm - 7 = $\frac{1}{h^p}$ =		d 1,3 m =	cm - 7 = $\frac{1}{h^p}$ =	
$\frac{m}{g}$	=		$\frac{m}{g}$	=	
$\frac{m}{m}$	=		$\frac{m}{m}$	=	
$\frac{h}{h}$	=		$\frac{h}{h}$	=	

**Figure 3.** Example of field recording form 'J' with data on calculated merchantable-sized ( $\geq 7$  cm diameter) volume based on diameters of 2 m sections along the stem and 1 m sections along branches from FRF 'B.2' (Figure 2). The example shows data for trees no. 1 and no. 2.

### **3.2.1.2 Conversion to punchcards and electronic formats**

Stemwood data from the field recording forms were converted to punchcards in 1974. Detailed information on this process is contained in uncatalogued documents (Appendix IV). Over time the data were also converted to a digital format (i.e. the source of the NFI stemwood dataset, section 3.1).

Branchwood data were digitized the mid-1980s in a project lead by C. Hoffmann with the purpose of developing volume functions for large ('Astderbholz') and small branches ('Reisig') and also to estimate whole tree volume including merchantable-sized and non-merchantable-sized elements of the stem (Appendix V). The resulting file 'SGAR' of this work is the source of the NFI branchwood dataset.

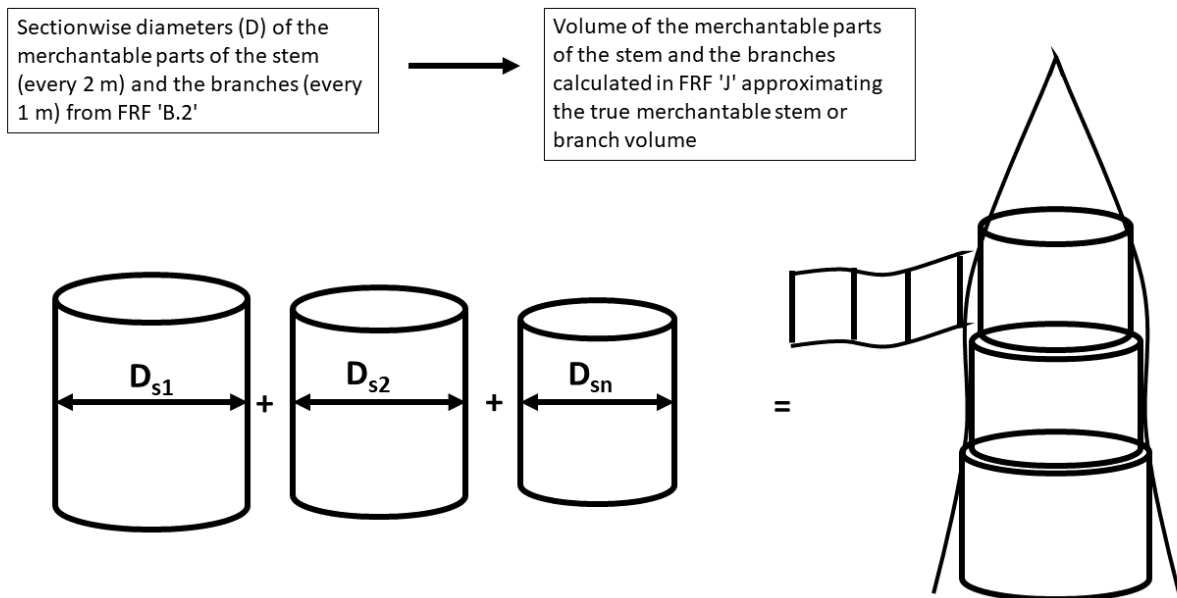
Note that the stemwood and branchwood data are not part of the EFM database 'treedb'. A copy of the stemwood dataset exists in the collected digital copies on the EFM server (N:/prj/EK) named 'D\_BIS.DBF'.

## **3.2.2 Findings on measurement methods and field documents**

### **3.2.2.1 Volume of the merchantable part of the stemwood and merchantable-sized branchwood**

The volumes of the merchantable part of the stemwood and merchantable-sized branchwood in FRF 'J' (Figure 3) are calculated based on the sectionwise diameter data from FRF 'B.2' (Figure 2) as illustrated conceptually in Figure 4. For the calculations, first the area corresponding to measured section diameters were calculated and summed, and then converted to volume. For example for the stemwood volume, the first entry for tree no. 1 in column 'Stamm' of FRF 'J' ( $0.1152 \text{ m}^2$ ) corresponds to the area of the first stem section diameter contained in column 4 'mittlerer Durchmesser uebers Kreuz gemessen der 1 oder 2 m. langen Sektionen' in FRF 'B.2' (38.3 cm), the second entry ( $0.1012 \text{ m}^2$ ) to the diameter of the second section (35.9 cm), and so forth up to the last entry ( $0.0047 \text{ m}^2$ ) for the diameter of the last section (7.7 cm). The areas were summed ( $0.8457 \text{ m}^2$  for tree no. 1 in row 'sect.') and multiplied by 2 m (i.e. the section length) to obtain the cylindrical volume of  $1.6914 \text{ m}^3$ . If the length of the merchantable part of the stemwood did not correspond to a multiple of 2 m, the length of the last section was recorded as well as its diameter at half the length (cf. Figure 1). These data were then used to calculate a cylindrical volume also of the last section of the stemwood where the diameter is equal to or greater than 7 cm but the length is less than 2 m. This is illustrated at the example of tree no.2 with a length of the merchantable part of the stem of 29.8 m (column 7 'Höhe des Baumes bis zur

Derbholzgrenze'), which results in a length of 1.8 m of the last merchantable-sized section of the stem (column 5 'Laenge des Enstuecks') with a diameter of 8.4 cm (column 6 'mittlerer Durchmesser des Endstuecks'). The diameter corresponds to an area of 0.0055 m<sup>2</sup> with a volume of 0.0099 m<sup>3</sup> (row 'Endstk.' for tree no.2 in FRF 'J').



**Figure 4.** Derivation of merchantable stem- and branchwood volume calculated in field recoding form 'J' based on sectionwise diameter measurements of 2 m stem or 1 m branch sections  $D_{s1}$  to  $D_{sn}$  where  $D$  is  $>7$  cm from FRF 'B.2'. Stemwood sections started at the base of the stem and branchwood sections at the contact with the stem.

The volume of merchantable sized branches was calculated accordingly, i.e. first the areas corresponding to the 1 m branch sections were derived (column 'Aeste' in FRF 'J'). For example, tree no.1 had several branches with a section diameter  $\geq 7$  cm as indicated by the diameter values separated by vertical dashes found below the horizontal line separating diameters of the stem- and the branchwood sections: a first branch with two sections of 9.0 cm and 8.2 cm, a second branch with five sections of 14.2, 10.8, 9.9, 8.6, and 7.9 cm and so forth (entries in column 4 in FRF 'B.2'). The sum (0.0816 m<sup>2</sup> in the final row in column 'Aeste' for tree no.1) of the corresponding areas in FRF 'J' (0.0064, 0.0053 m<sup>2</sup>, etc. in column 'Aeste' for tree no.1) corresponds due the 1 m length sections to the cylindric volume.

At the example of tree no.2 the volume of the entire merchantable sized stem- and branchwood (1.4718 m<sup>3</sup> in row 'Derbholz') was then derived by addition of the volume of all full 2 m stem

sections (1.4192 m<sup>3</sup> in row ‘sect.’), the volume last incomplete section (0.0099 m<sup>3</sup> in row ‘Endstk’), and the volume of large branches (0.0427 m<sup>3</sup> in the final row of column ‘Aeste’).

Note that uncatalogued documents make reference to slight modifications to the measurements starting in the mid-1970s including decisions to not further measure the last section of the stemwood where the diameter is equal to or greater than 7 cm if less than 2 m, and a shift from measuring large branches in 2 m rather than 1 m sections (Figure A6.1 in Appendix VI). As the datasets described here are based on data measured until 1974, these changes are not relevant.

### 3.2.2.2 Volume of small branchwood

While for wood of merchantable-sized parts of the stem and branches diameters could easily be measured in 2 m and 1 m sections, respectively, this was not possible for small branches. Small branches of a tree were collected and formed to bundles (‘Wellen’) of 1 m length and 1m circumference as described in Flury (1892). These were weighed in the field. The weight was converted to volume (eq. 1) based on conversion factors using the fresh weight measured in the field (absolute weight) and the specific weight as already identified by Liechti (2019, p. 9-10). Following an uncatalogued document from March 1940 (Figure 6) the factors after Gayer and Fabricius (1935) were used, which corresponded well to the general factors recommended by Flury (1892, p. 24: 0.9 for conifers, 1.0 for *Fagus sylvatica* and 0.8 for *Fraxinus* spp.).

$$\text{small branchwood volume} = \frac{\text{absolute weight}}{\text{specific weight}} \quad (\text{eq. 1})$$

The conversion factors represent a mean of many (following Flury (1892) 20 to 30) measured absolute weights and volumes of bundles of small branches.

Note that it was not possible to identify the completeness of the measurements, i.e., whether all small branches could be collected. It can be assumed that some small branches and twigs were left out.

The data and comments in the field recording forms (Figure 5) strongly indicate that ‘0’ values in the case of small branch volume in the branchwood dataset indicate that no measurements were made and that, thus, it should be represented as NULL. As reasons for no measurements were given, among other, time constrains, no separation between individual trees possible as small branches were scattered on the plot after harvest. For large branches, ‘0’ values indicate with a high probability that a tree did not carry any. This can be inferred from the entries of measurements in FRF ‘B.2’. These conclusions are supported by the information in the documentation of C. Hoffmann on the treatment of ‘0’ values (Appendix V, p. 1). Nevertheless

the digitized data contain '0' values rather than NULL values. The reason why they appear as '0' rather than as NULL may be that the FORTRAN routines used at the time were not able to handle NULL values.

According to the process flow described in the Appendix of the project description (Appendix V, pp. 24-25), the data for large and small branches were collected in separate processes and were merged with the stemwood data in the project by C. Hofmann in the mid-1980s. In this merging process, 1'697 of all 14'712 of which the volume of large and small branches was digitized could not be matched. This was likely due to computing limitations at the time as it was possible to find correct matches in the analyses for this report (section 4).

EIDG. ANSTALT FÜR DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN

Vermessung der Aushiebe  
Probestämme

10. Aufnahme } Ende Vegetationsjahr 19.66  
9. Durchforstung }

Holzart: Laub u. Nadelholz 34 Fichte  
Fläche Nr.: 34 02 034 000 10  
Waldort: he Crêt rond Gestanzl T50-54

Kanton: Neuchâtel Gemeinde: Bâle  
Waldeigentümer: Jakob Bâle

Datum der Aufnahme: 28.9.66 Aufgenommen von: Dr. Badoux

Dauer der Untersuchung: 2 1/2 Std

Anmerkungen: Gestanzl T50-54  
keine Reizung gemessen Kluppenführer: P. He

N° 4: 2m starkes Ast 61.6 cm Durchmesser  
N° 343: 1m 60  
N° 145: 1m 61  
N° 276: 5m 42  
(Hochermet)

Altersermittlung:  
Tagebuch Nr.:  
Seite:

Figure 5. Example of field recording form 'B.2' with comment that small branches were not measured.



Beispiel Nr. 2<sup>e</sup> zu Nummer 5. (1. Doppel.)  
 Orig. D/1 346 - Vorr.  
 z. Gebrauch f. d. Bf.

Spezifische Gewichte

nach Gayer-Fabricius, Die Forstbenutzung, 13. Auflage 1935, S. 57 + 59.  
 Raumgewichte, frisch, nach Trost.

<u>Weisstanne</u>	85	<u>0,9</u>	<u>Abies grandis</u>	<u>0,9</u>
Feldahorn	93	0,9		
Bergahorn	89	0,9	Aoer opul.	0,9 (alle Ahorne 0,9)
Schwarzerle	83	0,9		
Weisserle	87	0,9		
Gemeine Birke	92	0,9		
Weissbuche = Hagebuche (Hainbuche)	101	1,0		
<u>Rotbuche</u> = gewöhnliche Buche	108	<u>1,0</u>	<u>für Hochwald &amp; (allgemein jetzt):</u> <u>1,1 für Niederwald</u>	
Esche	79	0,8		
Europ. Lärche	79	<u>0,9</u>		
<u>Fichte &amp; Sitkafichte</u>	85	<u>0,9</u>	(überhaupt <u>alle Fichten</u> )	
Weisskiefer = gewöhnliche Föhre	77	0,9	Schwarzföhre	0,9
Weymouthskiefer (föhre)	79	0,9		
Schwarzpappel	84	0,9		
Zitterpappel	95	1,0		
<u>Stieleiche</u>	94	<u>1,0</u>		
<u>Traubeneiche</u>	102	<u>1,0</u>		
Falsche Akazie	87	0,9		
Weissweide	82	0,8		
Vogelbeerbaum	90	0,9	Mehlbeerbaum (nach Hrn. E. Badoux)	1,0
Winterlinde	82	0,8		
Feldulme	101	1,0	für alle Ulmen!	
Goldregen	nach Hrn. E. Badoux		1,1	

f. Föhren-Triebe fl.: zu fragen, welche Pappel!  
 zu fragen: falls N.B. noch in dem Badoux und  
 unklarheit vorhanden!

**N.B.** In Zukunft sind für alle Flächen die oben auf 1 Dez. angegebenen  
 spezifischen Gewichte (als die sichersten, die man hat) zu verwenden!

Nach Hrn. E. Badoux, 8. März 1940.

Douglasie 0,9  
 Cryptomeria japonica 0,9  
 Chamaecyparis Lawsoniana 0,9  
 Eibe 1,0  
 Arve 0,9  
 Thuja gigantea 0,9  
 Kirschbaum 0,9

Nach Ob., März 1940.

(85, 93 etc. nach Gayer-Fabricius bezw. Trost, 0,9 etc. nach Hrn. Badoux  
 zur Berechnung der Versuchesflächen.)

**N.B.** Bei Gayer-Fabricius (bezw. Trost) handelt es sich um Stammholz, bei unseren Versuchs-  
 flächen umäste mit Kadeln. Hr. Badoux berücksichtigte dies beim Bestimmen der  
 def. Zahlen (0,9 etc.). Ebenso nahm er Rücksicht auf die früher v. Hr. Burg angegebenen  
 spez. Werte, soweit diese veröffentlicht sind, die er nicht ändern wollte. (1930er Jahre, nicht  
 d. B.)

**Figure 6.** Specific weights by tree species to convert fresh weight of small branches to volume; document in folder 'Hochwald – Beispiele', which is part of signature WSEK D/1 in the WSL archive.

### 3.2.2.3 Conversion of field data to electronic format

Possibly due to technical limitations not all data available on the field recording forms were transferred to electronic formats (punchcards or digital tables). Also, the data dimensions were converted to different units (see section 4.1.2). For the stemwood data not transferred were the diameter and height of the stump, the length and diameter at half the length of the last section of the stemwood where the diameter is equal to or greater than 7 cm if less than 2 m, and the length and diameter at half the length of the stemwood section where the diameter is less than 7 cm to the tree top.

It is important to note that the digital stemwood dataset contains extrapolated values for diameters of sections above the merchantable part of the stem (Figure 7). Their derivation could not be identified. It is thus important to consider this fact when using the data as the extrapolation can result in artefacts such as values  $> 7$  cm. The extrapolated diameters were not used in the volume estimation of stemwood contained in the stemwood and branchwood datasets (Table 1),

According to the project description by C. Hoffmann (Appendix V), the data on the volume of merchantable-sized and small-sized branchwood were transferred in separate processes to two separate files. This may explain the small inconsistencies in the information on plot identifier, year of observation, and DBH that were identified. These inconsistencies were likely also the reason, that not all single tree data on branchwood could be matched with the stemwood data at the time, and for duplicates in the branchwood dataset (see section 4).

a)

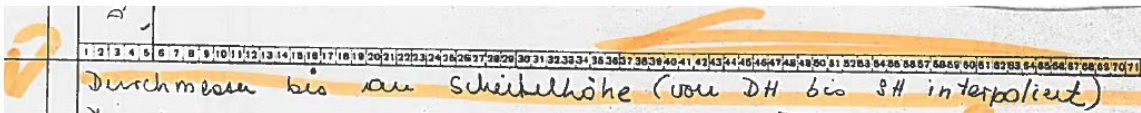
41-1083091-41 41 108000 1891 41

Des Baumes Nro.	Alter mit Zuschlag Jahre 2	Durch- messer Übers Kreuz ge- messen 1,3 m. vom Boden cm.	Der 1 oder 2 m. langen Sektionen mittlerer Durchmesser, übers Kreuz gemessen								Des Endstücks		Höhe des Baumes bis zur Derbholz- grenze m.	Des Gipfelsüßs (unter 7 cm. Stümm- durchmesser)		Scheitel- höhe des Baumes (h) m.	Der Baumkrone	
			Schaft Äste cm.								Länge m.	mittlere Durch- messer cm.		Länge m.	mittlere Durch- messer cm.		Länge m.	grünster Durch- messer m.
1	93	37.2	38.3 · 35.9 · 34.0 · 32.6 · 31.8 · 31.0 · 30.0			28.0	4.4	2.7	32.4	18.4	5.2							
			27.5 · 25.8 · 24.8 · 21.5 · 15.8 · 10.6 · 7.7															
			9.0 · 8.2 · 4.4 · 2.1 · 0.8 · 0.9 · 0.6 · 0.7 · 0.9 · 0.6															
			8.3 · 7.8 · 7.4															
2	86	33.7	34.9 · 32.0 · 30.0 · 29.1 · 27.7 · 27.1 · 26.2			1.8	8.4	29.8	4.0	3.0	33.8	12.6	5.6					
			25.7 · 24.2 · 23.1 · 21.2 · 18.0 · 13.3 · 11.3															

b)

BNRK		DERB																			
ORD	BHD	HL	BHOH	DM1	DM3	DM5	DM7	DM9	DM11	DM13	DM15	DM17	DM19	DM21	DM23	DM25	DM27	DM29	DM31	DM33	
1	372	280	324	383	359	340	326	318	310	300	275	258	248	215	158	106	77	55	15	0	
2	337	298	338	349	320	300	291	277	271	262	257	242	231	212	180	133	113	84	47	11	

c)



**Figure 7.** Extrapolated diameters of stem sections above the measured length of the merchantable-sized part of the stem, i.e. 7 cm. The top of the figure (a) shows the field recording form 'B.2' with, among other, measured diameters of the 2 m stemwood sections, the length of the merchantable-sized part of the stem, and total tree height of the first two trees. The central part (b) shows the corresponding entries in the stemwood dataset. For example tree no. 1 (first row in the field recording form and in the table), the values match with the exception of the stem diameters at 29 m and 31 m (columns 'DM29' and 'DM31'). They do not exist in the form because they were not measured as they are above the length of the merchantable-sized part of the stem of 28.0 m in the form (column 'Höhe des Baumes bis zur Derbholzgrenze') and 280 dm in the table (column 'DERBHL'), respectively. The lower part (c) shows a note extracted from an uncatalogued document indicating that diameters above the threshold of 7cm are extrapolated.

## 4 Data analysis and processing

The two available digital datasets were evaluated for plausibility and accuracy, were cleaned from replicated trees, and finally merged into a single dataset. All computations were done using the language and environment for statistical computing R (version 4.2.1; R Core Team 2022) and the packages data.table (Dowle and Srinivasan 2020), ggplot2 (Wickham 2016), and dplyr (Wickham et al. 2022).

## 4.1 Plausibility checks and cleaning of digital copies of punchcard data

In a first step obvious duplicates were removed before proceeding with the further plausibility and accuracy examination (Table 3).

**Table 3.** Initial, intermediate, and final sample sizes (i.e. individual trees) of the stemwood ('SHOLZ) and the branchwood ('SGAR') datasets during processing, see sections 4.1.1 and 4.1.2.

Sample size N	SHOLZ	SGAR
Initial dataset	38'864	14'712
Initial cleaning	38'845	14'568
Quality assessment	38'845, incl. 37'067 unique trees identified with high confidence	14'568, incl. 13'726 unique trees identified with high confidence
Final evaluation	38'841, incl. 37'063 unique trees identified with high confidence	14'568, incl. 13'726 unique trees identified with high confidence

### 4.1.1 Removing replicates

In the stemwood dataset obvious replicates were identified by examining site and tree attributes. In a first iteration 19 duplicates were identified, 13 of which on the same sample site and in the same observation year. These 13 single tree entries were duplicated due to inconsistent information of the postal code data. 6 single tree entries on 5 different sites were duplicated due to inconsistent age and/or site information. Since all other data, including all section diameters were the same, it was assumed that the inconsistent site and age, respectively, information were the result of errors in the process of entering the data on punchcards. After double-checking the correct postal code and the age information, the 19 duplicates were removed preserving the 19 entries with the presumably correct site and age information (initial cleaning; Table 3).

In a second step replicates were identified by comparing single tree data by site attributes and all measured variables, i.e. DBH, height, section diameters etc. but ignoring tree number, tree age, site pre-number, site identifier and plot which were found in some cases to be inconsistently transferred to the electronic format. This approach yielded 699 pairs of trees with the same attributes, 98 with three-fold replication, 11 with four-fold, 4 with five-fold, and one each with six-, seven-, and nine-fold replication (for an example see Table 4). Hence, the resulting total of 1778 potential replicates may represent only 815 single trees. For selected examples, the field recording forms were consulted, which indicated that some trees were part of two plots (Figure 8). The method and reasoning behind this could not be conclusively clarified but these trees were likely to have been in a plot which was extended or integrated into another following a change in the research questions or management strategies. These trees could be identified with high confidence as they were on the same site and consequently be removed. However, there was also a number of such cases where the site identifier differed. This was exemplary examined for trees

that were part of the potentially nine-fold replication (first group of trees in Table 4). Based on the field recording forms it could be verified that the three trees on site FV 41 - FN 36 were duplicates of the three trees on site FV 41 - FN 37 (Figure 9). Attempts to clarify this based on additional information from further field recording forms on standing trees (FRF 'A') and site descriptions (FRF 'E') failed but it is possible that in special sites numbers change several times as a result of re-formations alluded to above.. It was not possible to verify this for all cases, thus for consistency the identified duplicates were not removed. Instead to document this potential replication, a new attribute 'Quality' was added to mark trees that to the best of our knowledge are unique (Quality = 1) or potential replicates (Quality = 2). In addition, individual groups of potential replicates were given a unique identifier 'replicateID\_sholz' ranging from 1 to 815 where a unique ID represents a particular set of replicates with the same tree data. For unique trees, the value of replicateID\_sholz is set to 'NA'. The clean stemwood dataset thus consists of 38'845 single tree data of the original 38'864. 37'067 (quality assessment; Table 3) are with a high confidence unique entries, and 1'778 entries are potential replicates of 815 single trees.

The branchwood dataset was examined for replicates using the same iterative approach. From data evaluation and cross-checking with field recording forms it was known that DBH in the branchwood dataset was derived by rounding up the two crosswise measured tree DBH values while it was rounded down in the stemwood dataset. It was also known that tree age was not always consistently copied from the field recording forms. The initial data evaluation also showed the initial two datasets for large and small branches were not exactly matched for all trees resulting in pairs of equal tree data where one individual had a value for small branches but not for large branches and vice-versa. Cleaning of these cases resulted in removing 144 trees. The remaining 14'568 (initial cleaning; Table 3) of the initial 14'712 were then checked for further replicates where the replication was not conclusive, i.e. measured tree attributes were the same but site identifier and plot differed. Similar to the approach described above for stemwood, the new attribute 'Quality' to mark these trees as potential replicates (Quality = 2). This affected 842 trees including 324 pairs of trees with the same attributes, 62 with three-fold replication, and 2 with four-fold. Also, individual groups of replicates were identified using the new attribute replicateID as described above. The clean branchwood dataset thus consists of 14'568 single tree data of the original 14'712, and includes 13'726 trees that were identified with high confidence as unique entries (quality assessment; Table 3). 842 entries were identified as potential replicates of 388 single trees, i.e. the dataset may represent only 14'114 unique trees. Trees that could not be matched in the project by C. Hoffmann were not especially examined in this cleaning process as it was expected that matches can be identified in the process of merging the stemwood and branchwood dataset and missing attributes in the branchwood data can be assigned (see section 4.2).

### **4.1.2 Plausibility and accuracy**

Since the units of the data in the field recording forms were different from those in the available digital datasets, the correctness of the units and the unit conversions has been verified. The units of the data in the two datasets are given in Table 1. With the exception of the volume of small branches the findings correspond to those from Liechti (2019). The volume of small branches is given as  $0.1 \text{ dm}^3$  rather than  $\text{dm}^3$ . This could be verified based on data in the field recording forms.

All data were evaluated for plausibility examining whether i) length of the stem from tree base to diameter of 7 cm (ID 24) was equal or less than the length of the stem from tree base to tree top (ID 25), ii) diameter measured at 1m is greater than or equal to DBH, iii) section diameters decrease from the first stem-section at 1m to the last stem-section, iv) diameter range, v) height range, and vi) branchwood volume.

#### **4.1.2.1 Stemwood**

In the stemwood dataset, six cases were observed where the length of the stem from tree base to diameter of 7 cm (ID 24) was equal to the length of the stem from tree base to tree top (ID 25). Based on data from the respective field recording forms the data are correct, although it was not clear whether the stem was broken or cut below the threshold of 7 cm. Further, 1055 trees were identified where the length of the merchantable-sized part of the stem was zero and where a plausible tree height existed. 1042 of these trees had a DBH of less than 7cm and nine of the remaining 13 trees had a stem diameter at 1 m from the base (DM1) between 7.0 and 7.3 cm. For these 1051 trees a value of zero for the length of the merchantable sized part of the stem was considered plausible. For four trees that came from the same plot and were measured in the same year it was found that no value was entered in the field recording form and these four trees were consequently removed as further no section diameters were measured (final evaluation; Table 3).

Inconsistencies in the stemwood dataset were found regarding DM1 and DBH. This affected 732 trees, but in only 21 cases was the DBH more than 2 cm greater than the DM1. Random checks showed that in the majority of cases the data were correct but there were also few cases where the data did not match the values in the field recording forms. As it was not possible to cross check all 732 trees, it was assumed that the differences between DBH and DM1 were plausible.

Since the derivation of the stemwood section diameters above the threshold of 7 cm (see section 3.2.2.1) could not be clarified and to avoid potential erroneous use since in some cases modelled diameters were greater than 7 cm (see section 4.1.2), all diameters of sections above the length of the stem where the measured diameter is 7cm were set to 'NA'.

The volume estimates included in the two datasets for stemwood, tree top, merchantable-sized and small branches (variable IDs 15, 19, 20, 21 in Table 1) were reproduced. As described in sections 3.2.2.1 and 3.2.2.2, the volume of merchantable-sized branches is based on section diameters and the volume of small branches is derived from the weight of bundles of small branches. The stemwood volume (ID 15) corresponds to the entire stem from base to tree top, and the volume of the tree top (ID 19) represents the part of the stem above a diameter of 7 cm as a cone (see Appendix II for details). It should be noted that estimating the first 2 m section from the base of the stem as cylinder may result in an underestimation of the volume. The lower part of the stem has a large taper (Kublin et al. 2013). To account for this, possibly the diameter at 0.65 cm was measured.

#### *4.1.2.2 Branchwood*

To evaluate the plausibility of the branchwood data, first results from the WSL Project ‘Swissbiomass’ by E. Thürig were identified as potential source. Due to differences in the methodology, i.e. large branches are not measured in 1 m sections, and the still small sample size, the data were found not suitable yet (as Swissbiomass is still ongoing the data will become valuable in the future). In the literature only data from Austria (Eckmüllner 2006) could be located. Considering methodological differences (among other sampling of branches and not separation in large and small branches, unknown branch diameter), the total branchwood volume for Norway spruce and European beech agreed well.

A moderate to high uncertainty can be expected particularly for the volumes of small branches. This uncertainty derives from a) the use of bundles (section 3.2.2.2) to measure weight while the size (volume) of the bundles is likely not constant, and b) the conversions factors to derive volume (cf. Flury 1892) and section 3.2.2.2.

**Table 4.** Examples of trees with triplicated or duplicated data for the measured dimensions (BHD, D7, SH, DERBHL, DM1, DM3, etc) and observation year (AJ) but slight differences in the age (i.e.  $\pm 2$  years), different tree numbers, and different site information. The column 'replicates' gives the number of the trees with the same measured data, for the remaining variable (columns) definitions see Table 1.

Replicates	FV	FN	AJ	ALT	BNR	VKEG	BHD	DERBHL	SH	DM1	DM3	DM5	D7	DM9	DM11	DM13	DM15	DM17	DM19	DM21	DM23
nine	41	15	1889	24	13	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	36	1889	26	5	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	36	1889	28	6	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	36	1889	28	7	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	37	1889	26	6	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	37	1889	28	7	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	37	1889	28	8	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	39	1889	31	8	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
nine	41	39	1889	29	9	8	50	0	78	52	37	22	6	0	0	0	0	0	0	0	0
four	21	61	1889	28	3	219	185	118	152	190	173	162	146	125	84	51	6	0	0	0	0
four	21	62	1889	28	3	219	185	118	152	190	173	162	146	125	84	51	6	0	0	0	0
four	21	63	1889	28	3	219	185	118	152	190	173	162	146	125	84	51	6	0	0	0	0
four	21	64	1889	28	1	219	185	118	152	190	173	162	146	125	84	51	6	0	0	0	0
four	42	13	1921	150	20	721	277	200	230	285	262	236	241	228	209	202	159	130	113	46	0
four	42	14	1921	150	8	721	277	200	230	285	262	236	241	228	209	202	159	130	113	46	0
four	42	15	1921	150	8	721	277	200	230	285	262	236	241	228	209	202	159	130	113	46	0
four	42	16	1921	150	8	721	277	200	230	285	262	236	241	228	209	202	159	130	113	46	0
three	4	10	1937	36	1	392	233	140	184	243	224	208	189	171	134	94	51	24	0	0	0
three	4	12	1937	36	1	392	233	140	184	243	224	208	189	171	134	94	51	24	0	0	0
three	4	12	1937	36	11	392	233	140	184	243	224	208	189	171	134	94	51	24	0	0	0
three	42	13	1921	150	19	817	292	200	228	304	272	260	249	243	220	202	186	160	104	45	0
three	42	14	1921	150	7	817	292	200	228	304	272	260	249	243	220	202	186	160	104	45	0
three	42	15	1921	150	7	817	292	200	228	304	272	260	249	243	220	202	186	160	104	45	0



a) Field recording form – main site

<b>Vermessung liegender Probestämme</b> <b>des Hauptbestandes.</b> <small>H Durchforstung</small> <small>g Aufnahme</small> Ende Vegetationsjahr 1905 Holzart: <i>Fichte</i> Fläche No.: <i>2 B</i> Abteilung: <i>Gmünd</i> Kanton: <i>Furgau</i> Gemeinde: <i>Hornberg</i> Waldeigentümer: <i>M. Furgau</i>		4 0 45 28.8 30.4 31.7 32.1 26.2 25.3 24.3 23.5 (24.6) 22.3 21.0 20.1 18.0 16.0 14.0 12.3 21.0 20.0 17.5 15.3 13.5	4 5 6 7 11.3 2.9 2.2 1.2 18.0 4.6 7.1 0.0 7.2 0.6 17.8 3.4 1.4 1.4 1.0 1.4	107000 1188 1.0189 1.1318 76000 0.844 1.0453 1.1297 71000 0.849 0.8439 0.9228 74500 0.944 0.8387 0.9331
--	--	--	---	--

b) Field recording form – control site; trees #8 and 13 correspond to trees #4 and 7 on main site

<b>Vermessung liegender Probestämme</b> <b>des Hauptbestandes.</b> <small>H Durchforstung</small> <small>g Aufnahme</small> Ende Vegetationsjahr 1905 Holzart: <i>Fichte</i> Fläche No.: <i>2 Torschlöcher-Fichte</i> Abteilung: <i>Gmünd</i> Kanton: <i>Furgau</i> Gemeinde: <i>Hornberg</i> Waldeigentümer: <i>M. Furgau</i>		8 0 45 28.8 30.4 31.7 32.1 26.2 25.3 24.3 23.5 (24.6) 22.3 21.0 20.1 18.0 16.0 14.0 12.3 21.0 20.0 17.5 15.3 13.5	8 9 10 11 12 13 11.3 2.9 2.2 1.2 18.0 4.6 7.1 0.0 7.2 0.6 17.8 3.4 1.4 1.4 1.0 1.4	107000 1188 1.0189 1.1318 76000 0.844 1.0453 1.1297 82000 0.944 0.8406 0.9317 81000 0.900 0.8313 0.9213 80500 0.944 0.8879 0.9173 74000 0.788 0.8339 0.9228
--	--	--	---	--

**Figure 8.** Example of trees appearing on two plots a) main site '2 B' and b) control site '2 Vergleichsfläche' with the same measured dimensions but different tree numbers.

Eidgen. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen.

## Vermessung *liegender* Probestämme des Hauptbestandes

1<sup>te</sup> Aufnahme | Ende Vegetationsjahr 1919  
1<sup>te</sup> Durchforstung

Holzart: *Buche*

Fläche No.: *10 L*

Waldort: *Ober Bichelried Galm*

Kanton: *Freiburg* Gemeinde: *—*

Waldeigentümer: *Staat Freiburg*

Datum der Aufnahme: *22. Juli 1919*

Aufgenommen von:

Dauer der Untersuchung:

*Flury*

Anmerkungen: *Gemeinsame Probestämme*

<i>N<sup>o</sup> 1 von 10 ist N<sup>o</sup> 1 von 9</i>	<i>N<sup>o</sup> 10 von 10 ist N<sup>o</sup> 24 von 9</i>	Tagebuch No. <i>380</i>
<i>" 3 " 10 " " 2 " 9</i>	<i>" 11 " 10 " " 8 " 9</i>	Seite: <i>51</i>
<i>" 4 " 10 " " 3 " 9</i>	<i>" 14 " 10 " " 10 " 9</i>	<i>Abkürzermittl.-Tab. No. 29</i>
<i>" 5 " 10 " " 4 " 9</i>	<i>" 15 " 10 " " 12 " 9</i>	<i>Seite: 105-106</i>
<i>" 6 " 10 " " 5 " 9</i>	<i>" 16 " 10 " " 14 " 9</i>	
<i>" 9 " 10 " " 6 " 9</i>	<i>" 18 " 10 " " 15 " 9</i>	

**Figure 9.** Example of trees appearing on two sites ('Gemeinsame Probestämme') dimensions but different tree numbers. For the measurements of the affected trees see the three trees on site FV 41 - FN 36 were duplicates of the three trees on site FV 41 - FN 37 in Table 4).

## 4.2 Merging the stemwood and branchwood datasets

The cleaned datasets were merged to obtain a single dataset comprising all measured variables in order to easily derive complete above-ground tree wood volume. The link between the datasets was established based on the common variables (cf. Table 1). Due to the known inconsistencies in the datasets (rounding of BHD, transferring of plot identifier, observation year, and tree age; see section 4.1.1), and trees that could not be matched in the initial development of the branchwood dataset (section 3.2.2.3), the merged datasets was examined for duplicates and inconsistencies of trees between the initial two datasets. Following this evaluation the final dataset consisted of a total of 38'841 trees including 14'038 trees with measured branchwood data, i.e. 530 trees (14'568 (from Table 3) – 14'038) from the branchwood dataset had no match in the stemwood dataset.

The stemwood data for 38'841 trees (Table 5) in the final dataset come from 768 sites collected in 87 annual observation (1888 to 1974) resulting in a total of 1720 observations. The 14'038 trees with measured branchwood data come from 584 sites and 69 annual observations (1888 to 1961) or a total of 888 observations.

The final dataset comprises 56 variables, including 44 from the initial stemwood and branchwood datasets (Table 1) and 12 new variables (Table 6). Of the 14'038 matched trees with measured branchwood volume, 13'981 matches were identified with high confidence as unique and correct matches of which 13'048 are also unique with high confidence in the stemwood and branchwood datasets (Table 5). Hence, for applications to estimate above-ground whole tree wood volume and requiring a highest degree of accuracy, a restriction to these 13'048 trees is recommended. 200 are either a potential stemwood (179) or a potential branchwood (21) replicate, and 733 are the match of potential stemwood and branchwood replicate. Of the 38'841 trees with stemwood data 37'063 were identified as unique trees with a high degree of confidence. Of the 14'038 trees with branchwood data 13'284 were identified as unique trees with a high degree of confidence.

**Table 5.** Summary of final linked dataset.

<b>Dataset</b>	<b>sample size N</b>
full	38'841
with stemwood and branchwood data	14'038
high confidence of unique stemwood data entry	37'063
high confidence of unique branchwood data entry	13'284
high confidence of also unique stemwood and branchwood data	13'048
high confidence of unique match	13'981

The final cleaned datasets for stemwood and branchwood as well as the final linked dataset are included in the archive of this documentation. For the majority of sites contained in the datasets, metadata including central coordinates, elevation, and year of stand establishment can be

obtained from the EFM database ‘treedb’. Metadata are not available for some sites (n=170 of the total of 768 sites in the linked dataset) including clearcuts. The metadata file is also included in the archive of this documentation.

**Table 6.** New variables in the final dataset in addition to maintained variables of the initial stemwood and branchwood datasets (column “final linked dataset” in Table 1.).

Variable	Definition
species	full species name
LFI_hbart	species ID used in NFI ‘hbart’
LFI_prodrig	NFI production region
EK_region	region as defined in EFM
key_sholz	unique identifier for a tree originating from the stemwood dataset
quality_sholz	identifier of potential replicates in the stemwood data set; value ‘1’ indicates a unique entry, ‘2’ a potential replicate
replicateID_sholz	unique identifier for groups of replicates in the stemwood dataset
key_sgar	unique identifier for a tree originating from the branchwood dataset
quality_sgar	identifier of potential replicates in the branchwood data set – value ‘1’ indicates a unique entry, ‘2’ a potential replicate
replicateID_sgar	unique identifier for groups of replicates in the branchwood dataset
quality_link	identifier of the quality of the link between trees in the branchwood and stemwood datasets; value ‘1’ indicates trees identified as unique and correct matches with high confidence, ‘2’ indicates the link may not be correct
stemdata_only	indicates whether only stemwood data are available (‘1’) or both stemwood and branchwood data

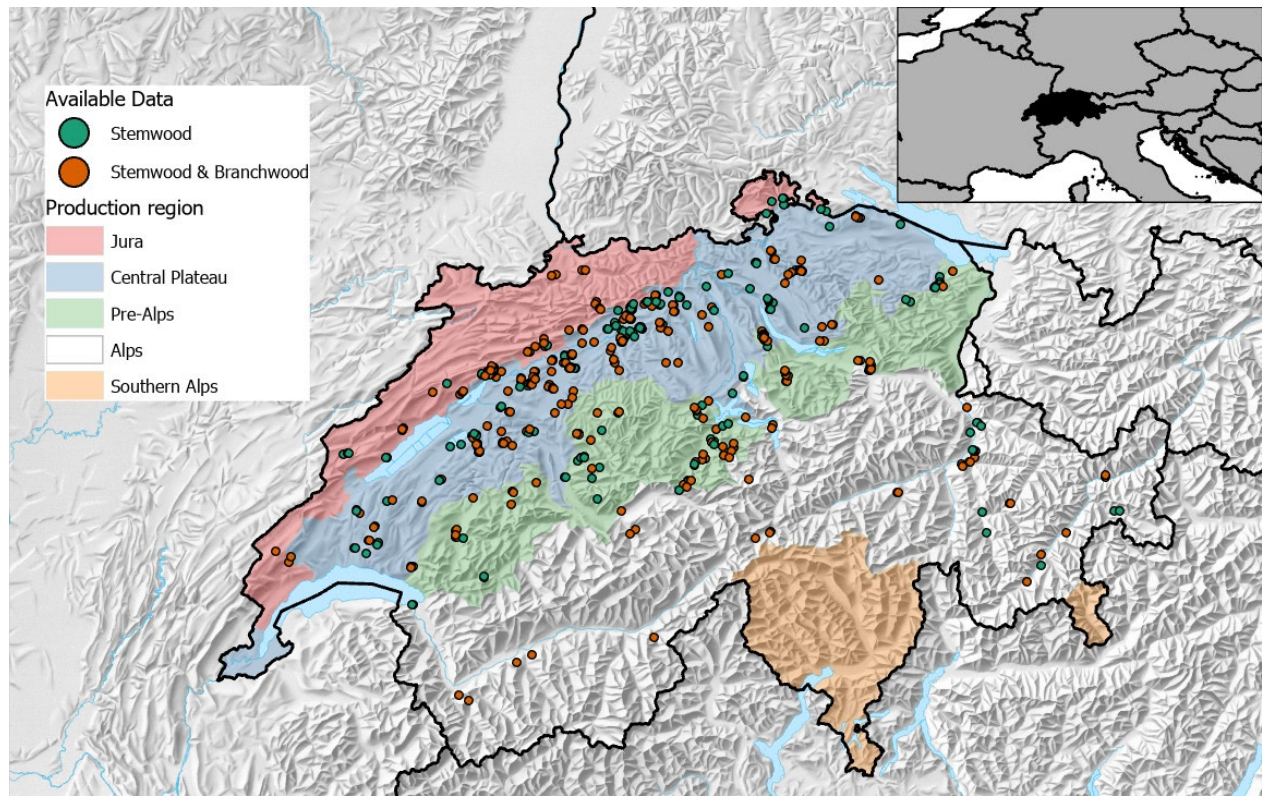
#### 4.2.1 Representativity of the tree data in the final linked dataset

Since the data are to be used to establish allometric functions for trees measured in the NFI, the representativity regarding spatial distribution of the sample sites, the forest type, and the DBH range was evaluated for the main tree species in the NFI. The cleaned datasets were used for this. The results showed that

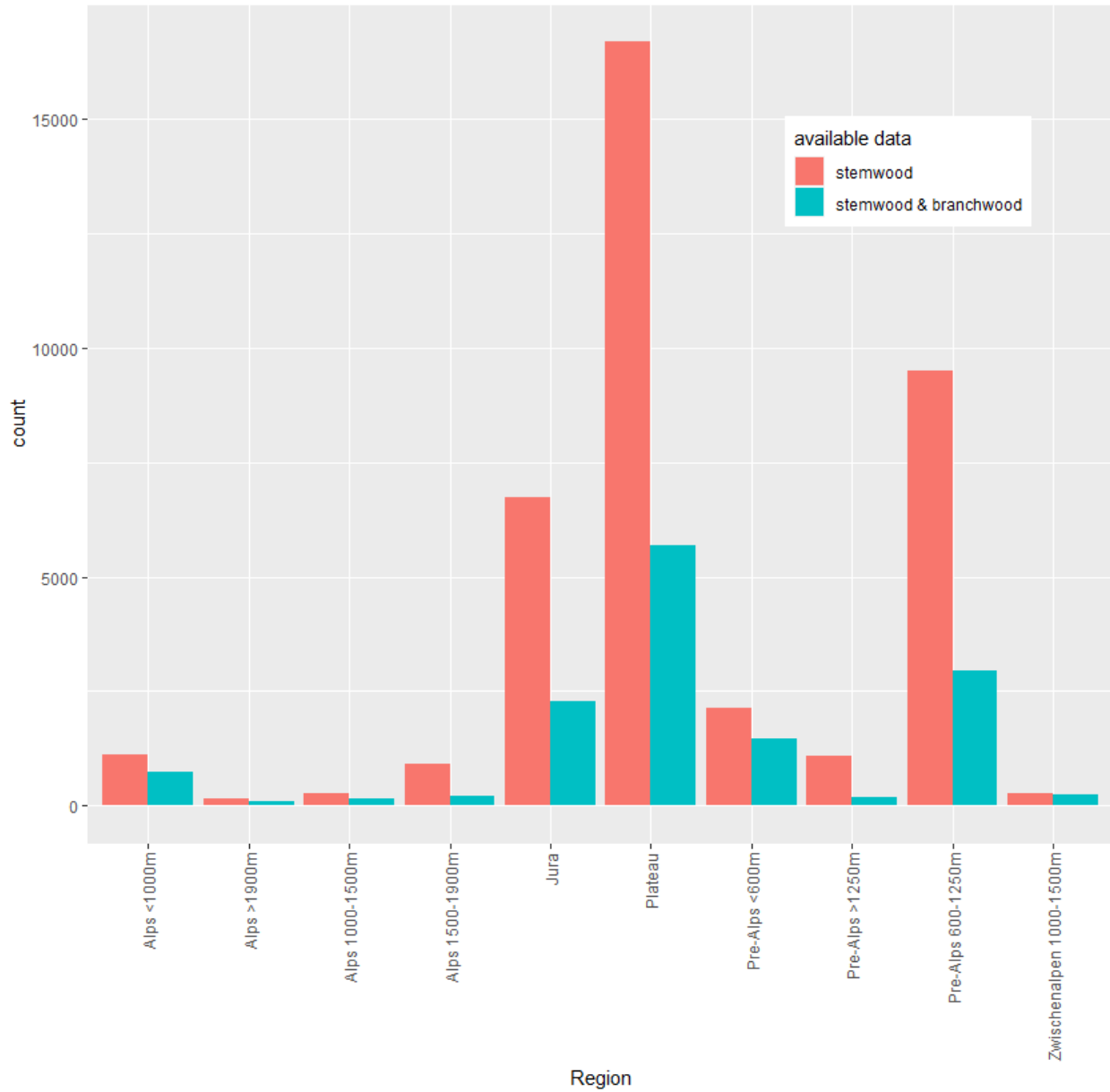
- particularly the Southern Alps region is not well represented with only few sites in the Valais and none in Ticino (Figure 10).
- the mountain forest at higher elevations are poorly covered (Figure 11) in comparison to the NFI (Figure 12).
- the majority of the data comes from homogenous, even-aged forests (Table 7).
- trees with DBH greater than ca. 50 to 60 cm are underrepresented particularly for beech (*Fagus sylvatica*) the second-most important species in the NFI (Figure 13).

**Table 7.** Number of sites by age structure. Note that the numbers may not sum up to the total number of sites contained in a dataset (N, cf. Table 2) because a site may consist of several plots which were not consistently transferred to the digital datasets and plots may have different age structures.

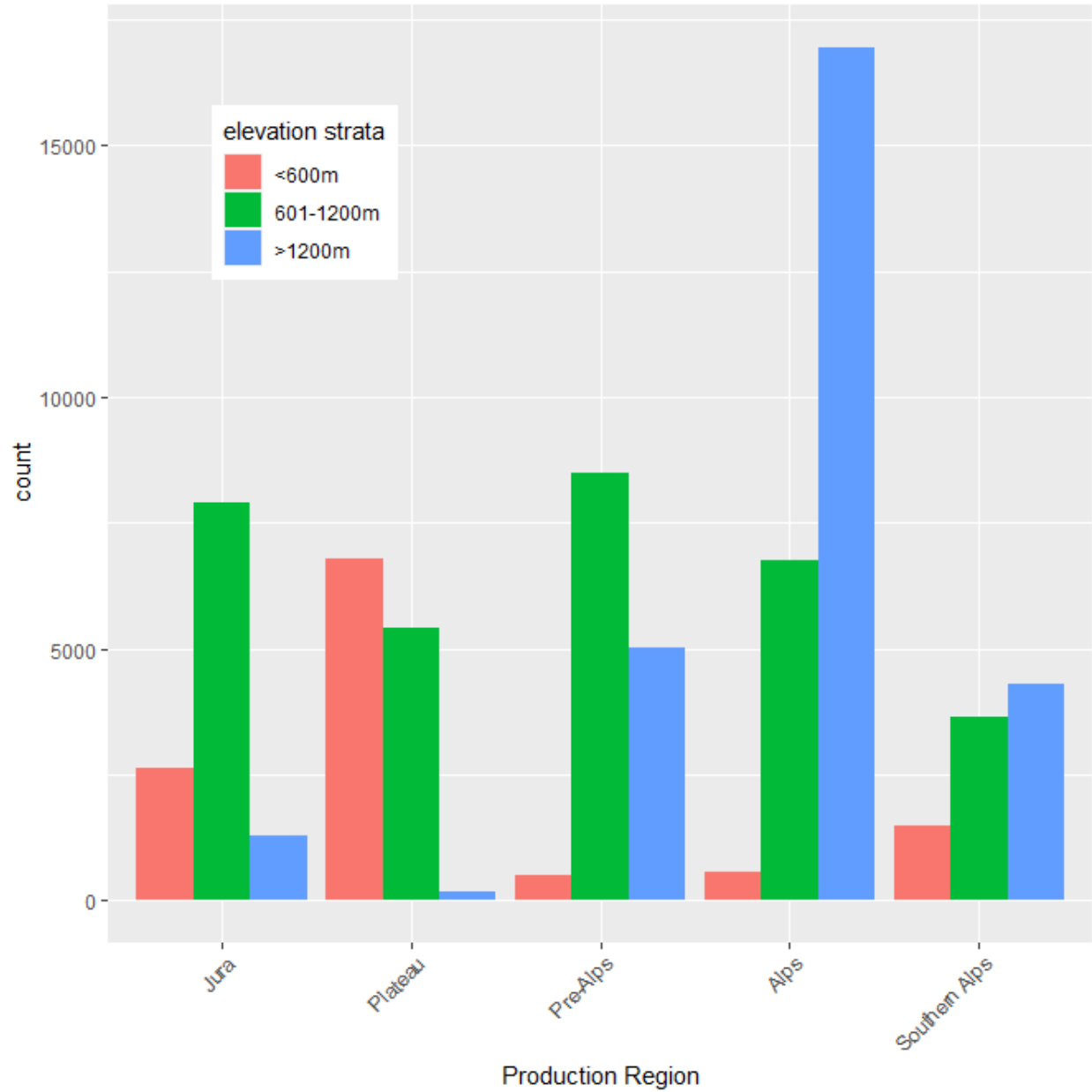
Dataset	N even aged	N uneven-aged
final stemwood (N=768)	744	22
final branchwood (N=585)	571	13



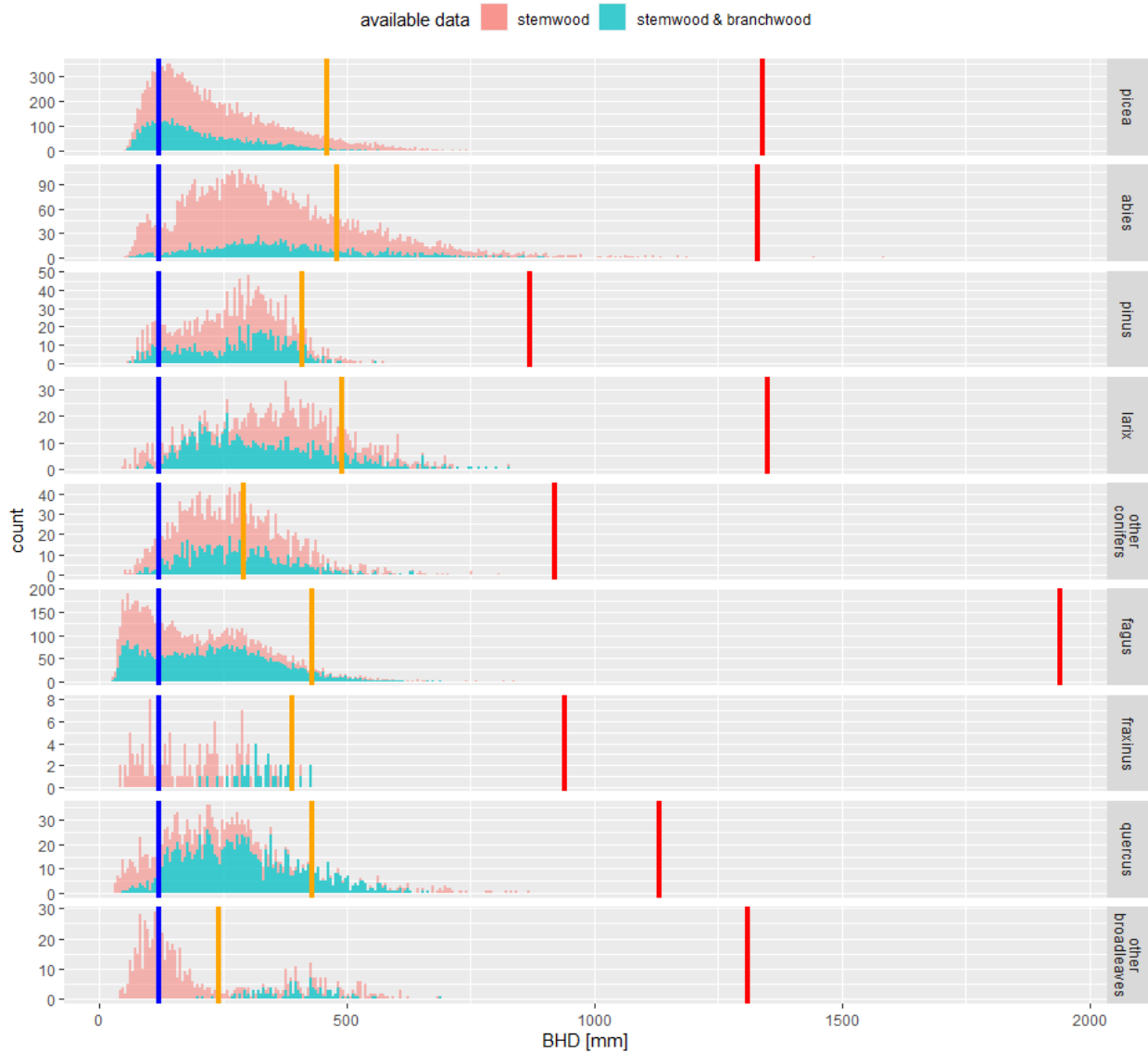
**Figure 10.** Spatial distribution of the sample sites – 768 sites with stemwood data, 585 sites with stemwood and branchwood data. Note that sites may overlap and are not visible.



**Figure 11.** Distribution of measured trees based on the geographic unit used as spatial stratification of EFM sites (see Table A2.2 in Appendix II).



**Figure 12.** Distribution of measured trees on sites (accessible forest without brush forest) in the fourth national forest inventory (NFI4) by production region and three elevation strata.



**Figure 13.** DBH distribution in 5mm DBH bins of sample trees by main tree species found in the national forest inventory (NDI). Vertical blue, orange and red lines indicate the lower 120 mm threshold of the NFI, 75% and 100% (i.e. maximum) of tree dbh found in the NFI4.

### 4.3 Further expansion of the data

Potentially, additional measurements might be available which could help to fill gaps mentioned above, and/or extend the tree data with their growth history. These trees can only be identified



using the following criteria: i) Inventory before 1970 ii) mixed stands (most of the data stems from even-aged, monospecific stands) iii) geographic unit. For the identified sites that might be of interest, one will have to check FRF 'E' of the sites regarding data availability.

#### **4.4 Further data**

In the process of locating data for this report, further datasets were found. As particularly valuable identified were

- the data on foliage biomass collected by Burger (1929, 1935, 1937, 1940, 1941, 1942, 1945, 1947, 1948, 1950, 1951, 1952, 1953). These data were used by Perruchoud et al. (1999) to derive functions to estimate needle and leaf biomass based on tree dbh. These functions are used in the NFI. A re-analysis of the data using advanced methods is expected to improve current estimates, which would also be scientifically valuable due to the poor availability of such data. The data were available to Perruchoud et al. (1999) in an electronic format but they do not exist anymore (D. Perruchoud, personal communication). Hence, the data need to be digitized again to make them available for analysis. The field recording forms are available in the WSL archive under signature 'WSEk C/26 :: Untersuchungen von Hans Burger: Holz, Blattmenge und Zuwachs'.
- the data on diameter measurements over and under bark of 2 m stem sections. The measurements were conducted on a subset (n=4'635) of the stemwood dataset described previously. The original dataset is currently available in the archive of the EFM group under the name 'DATABIR.TXT' and a copy with column headers is available from M. Didion. Early methods and data are described in Flury (1897). The data would be valuable to improve or replace the currently applied but undocumented estimation of bark percentage of NFI tally trees.

For complete sake, three further datasets that were located should be mentioned. Since at the time writing their content could not be conclusively identified, they are not further described here: MBUCH, DBIL, Höhentriebmessungen

## **5 Recommendations and further development**

Currently several copies of the same data exist in different folders of the group Ressourcenanalyse and in folders of the EFM group under different names and in different formats. Data required to reproduce previous functions by E. Kaufmann should be properly

archived and duplicate copies be deleted. For the final dataset resulting from this work shared responsibilities and ownership between NFI and EFM should be clarified. The data can then also be made publicly available as they extent on the data published by Forrester et al. (2021a). As of November 2022 it is planned to create a database containing the cleaned datasets on stemwood and branchwood as well as the merged dataset under the responsibility of the EFM team (Christoph Tellenbach).

The data can be used for re-analyzing and further development of existing functions to estimate volumes of different tree elements in the Swiss NFI. Also, based on the stemwood dataset it was found that data are available in the field recording forms for trees with larger DBH. Such data would be valuable for improving the accuracy of current functions for NFI tally trees with DBH greater than 50 to 60 cm. Similarly data for trees < 12 cm DBH are available to extent current functions to smaller trees. The further data can be valuable to further improve existing estimations of needle and leave biomass, and of the bark fraction of the stemwood. A position to make the further data available in digital format is advertised.

## **Acknowledgements**

We are grateful to A. Zingg, retired EFM lead, for valuable advice and to C. Hoffmann, retired WSL statistician, for answering our questions on his project in the mid-1980s. We also thank A. Zurlinden, archive coordinator at WSL, for his help to locate documents in the WSL archive. The work of S. Liechti in the initial project provided a valuable basis for the further review and evaluation of the stemwood and branchwood datasets.

## References

- Brassel P, Lischke H (eds) (2001) Swiss National Forest Inventory, Methods and models of the second assessment. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf
- Burger H (1929) Holz, Blattmenge und Zuwachs. I. Mitteilung. Die Weymouthsföhre. In: Badoux H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 15/2. Zürich, pp 243-292
- Burger H (1935) Holz, Blattmenge und Zuwachs. II. Mitteilung. Die Douglasie. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 19/1. Zürich, pp 21-72
- Burger H (1937) Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Mitteilung. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 20/1. Zürich, pp 101-114
- Burger H (1940) Holz, Blattmenge und Zuwachs. IV. Mitteilung. Ein 80jähriger Buchenbestand. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 21/2. Zürich, pp 307-348
- Burger H (1941) Holz, Blattmenge und Zuwachs. V. Mitteilung. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 22/1. Zürich, pp 10-62
- Burger H (1942) Holz, Blattmenge und Zuwachs. VI. Mitteilung. Ein Plenterwald mittlerer Standortsgüte. Der bernische Staatswald Toppwald im Emmental. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 22/2. Zürich, pp 377-445
- Burger H (1945) Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII. Mitteilung. Die Lärche. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 24/1. Zürich, pp 7-103
- Burger H (1947) Holz, Blattmenge und Zuwachs. VIII. Mitteilung. Die Eiche. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 25/1. Zürich, pp 211-279
- Burger H (1948) Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX. Mitteilung. Die Föhre. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 25/2. Zürich, pp 435-493

- Burger H (1950) Holz, Blattmenge und Zuwachs. X. Mitteilung. Die Buche. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 26/2. Zürich, pp 419-468
- Burger H (1951) Holz, Blattmenge und Zuwachs. XI. Mitteilung. Die Tanne. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 27. Zürich, pp 247-286
- Burger H (1952) Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Mitteilung. Fichten im Plenterwald. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 28. Zürich, pp 109-156
- Burger H (1953) Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Mitteilung. Fichten im gleichalterigen Hochwald. In: Burger H (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 29/1. Zürich, pp 38-130
- Dowle M, Srinivasan A (2020) data.table: Extension of `data.frame`. R package version 1.13.2. <https://CRAN.R-project.org/package=data.table>.
- Eckmüllner O (2006) Allometric relations to estimate needle and branch mass of Norway spruce and Scots pine in Austria. *Austrian Journal of Forest Science* 123:7-15
- Fischer C, Traub B (eds) (2019) Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. *Managing Forest Ecosystems*, vol 35. Springer International Publishing, Cham
- Flury P (1892) Untersuchungen über das spezifische Gewicht des Reisigs in frischgefälltem Zustande. In: Bühler A (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 2. Zürich, pp 15-24
- Flury P (1897) Einfluss der Berindung auf die Kubirung des Schaftholzes. In: Bourgeois C (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 5. Zürich, pp 203-255
- Flury P (1898) Ergebnisse aus Kahlschlägen. In: Bourgeois C (ed) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, vol 6. Zürich, pp 87-206
- Flury P (1907) Ertragstafeln für die Fichte und Buche der Schweiz. *Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das Forstliche Versuchswesen*. 9:290. Zürich
- Forrester DI, Huber S, Nitzsche J (2021a) The Experimental Forest Management network. *EnviDat*. doi:10.16904/envidat.213

- Forrester DI, Nitzsche J, Schmid H (2019) The Experimental Forest Management project: An overview and methodology of the long-term growth and yield plot network. Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf
- Forrester DI, Schmid H, Nitzsche J (2021b) The Experimental Forest Management network. EnviDat. doi:10.16904/envidat.213
- Gayer K, Fabricius L (1935) Die Forstbenutzung ein Lehr- und Handbuch (13. Auflage). Parey, Berlin. 733 p
- Herold A, Zell J, Rohner B, Didion M, Thürig E, Rösler E (2019) State and Change of Forest Resources. In: Fischer C, Traub B (eds) Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. Managing Forest Ecosystems, vol 35. Springer International Publishing, Cham, pp 205-230. doi:10.1007/978-3-030-19293-8\_12
- Kaufmann E (2001) Estimation of standing timber, growth and cut. In: Brassel P, Lischke H (eds) Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf pp 162–196
- Kublin E, Breidenbach J, Kändler G (2013) A flexible stem taper and volume prediction method based on mixed-effects B-spline regression. European Journal of Forest Research 132:983-997. doi:10.1007/s10342-013-0715-0
- Liechti S (2019) Dokumentation Archivprojekt Datengrundlagen Biomassenfunktionen (Astderbholz, Reisig). Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf
- Perruchoud D, Kienast F, Kaufmann E, Bräker OU (1999) 20th Century Carbon Budget of Forest Soils in the Alps. Ecosystems 2:320-337
- R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Wickham H (2016) ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer, Cham. 260 p
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K (2022) \_dplyr: A Grammar of Data Manipulation\_. R package version 1.0.9, <<https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>.

## Appendix I– Meeting protocols

Protocols of the meetings in 2022 on the organization of the further review of the EFM data following the documentation by Liechti (2019); in German only.

### I) Meeting 06.04.2022

#### **Kurzprotokoll: Besprechung - Archivprojekt Datengrundlagen Biomassefunktionen**

Datum: 06.04.2022

Ort: PL C40 -Hybrid

Teilnehmer: Anne Herold, Esther Thürig, Zeljka Vulovic, Jonas Stillhard, Jonas Glatthorn, Jürgen Zell, Markus Didion, Meinrad Abegg

- 1) Projekt Astderbholz - 2018/19, Hintergrund und Arbeit S. Liechti
- 2) Übersicht vorhandener Informationen im EK-Archiv als Grundlage für eine Diskussion zum weiteren Vorgehen
  - 4 Datensätze, die sich teilweise verknüpfen lassen; vermutlich mit Ausnahme der Bürger Daten; teilweise lassen sich auch das Wachstum über die Zeit verfolgen
  - weitere Erschliessung der Daten und Methodik notwendig:
    - 2 Aspekte: Metadaten und Methodik (einschl. Änderungen über Zeit) sowie Verknüpfungen erschliessen sowie Auswertungen mit Ziel Datapaper und Umsetzung-/Statistikpaper
    - zeitl. eng miteinander verknüpft damit Publikationen in enger zeitl. Folge erfolgen können
    - Fokus auf Schaft- und Astholz
    - Bürger Daten, die nicht digitalisiert und vermutlich auch separat erhoben wurde als 2. Priorität
      - ➔ aber wäre eine Sichtung und Digitalisierung der Laub- und Nadelmassedaten nicht wünschenswert, da die LFI-Funktionen darauf basieren?
      - ➔ Zustand und möglichen Aufwand während der Recherche beurteilen
    - auch nach möglichen Daten zu Wurzeln suchen
    - Personen und Zeitplan für Datenaspekt:
      - MD als Hauptverantwortlicher mit Hilfe von AH (Kenntnisse der aktuellen Umsetzung im LFI), JS (EFMD

Daten), ZV (Archiv), JZ (Plausibilieren) und ggf. Jens (Aufnahmemethoden im EFM)

- Ziel: Datensätze soweit als möglich methodisch prüfen und (auch über die Zeit: Bestandesgeschichte) zu verknüpfen, allfälligen Bedarf für Zusatzprojekte identifizieren), Methode identifizieren und beschreiben, einschl. Einheiten (z.B. Reisig dm<sup>3</sup> oder dm<sup>3</sup>/10)
- Zeitplan: Zwischenbericht Juni/Juli 2022
- Endbericht: abschliessende Erkenntnisse Herbst 2022
- Ziel Termin datapaper Ende 2022/Beginn 2023 oder offen wegen Verknüpfung mit Statistikpaper?

3) Beispielhaft für bestehende Wissenslücken und Informationsbedarf - Plausibilisierung der Daten zu Astderbholz und Reisig und der sektionsweisen Vermessung 2022

- sind '0' Werte Nullwerte oder NA
- ist hohe Variabilität beim Reisig evtl. Folge von Änderungen in der Messung und der Einheit (dm<sup>3</sup> vs. dm<sup>3</sup>/10?)

## II) Meeting 20.05.2022

### Kurzprotokoll: Besprechung - Archivprojekt Datengrundlagen Biomassefunktionen

Datum: 20.05.2022

Ort: EP D1 -Hybrid

Teilnehmer: Anne Herold, Esther Thürig, Zeljka Vulovic, Jonas Stillhard, Jürgen Zell, Markus Didion, Meinrad Abegg

- 1) Herkunft und Fazit zu den Daten der sektionsweisen Vermessungen am Schaft
  - a. Haben eine digitale Entsprechung im EK-Archiv mitgleichem Inhalt.
  - b. Daten sind vertrauenswürdig und zuverlässig.
- 2) Herkunft und Fazit zu den Daten zu Astderbholz und Reisig
  - a. bisher bekannte Datei ist nicht vollständig, weshalb eine Verknüpfung auf Einzelbaumbasis mit Schafdaten nicht möglich ist.

- b. die Datei ist eine unvollständige Kopie einer Datei, die von C. Hoffmann erstellt wurde – es fehlen entscheidende Angaben wie Flächeninformation und Baumidentifikation, die für die Verknüpfung mit den Schaftdaten notwendig sind. Zudem bestehen kleine Unterschiede bzgl. Anzahl der Bäume nach Baumart.
- c. die Untersuchungen von C. Hoffmann waren beschränkt auf eine Auswahl der vorhandenen Messdaten. Das heisst nicht alle der für das Schaftholz digitalisierten Flächen und Aufnahmejahre wurden berücksichtigt und es fehlen z.T. Information zu einzelnen Bäumen auf einer Fläche, die in den Schaftdaten vollständig vorhanden sind. Die Frage, ob für alle Bäume, die in den Schaftdaten vorkommen, auch entsprechende Messungen für Astderbholz und Reisig gemacht wurden kann bejaht werden. Dies mit der Ausnahme von Fällen wo kein Astderbholz vorhanden war und wo Reisig nicht gewogen wurde; für Astderbholz kann angenommen werden, dass insbesondere für Fichten, aber für andere Nadelbäume der Grossteil der Bäume kein Astderbholz besass. Reisig konnte in manchen Fällen nicht gewogen werden; dies ist in den meisten Fällen in den Feldformularen entsprechend vermerkt.
- d. die Annahme von C. Hoffmann, dass 0-Werte für Astderbholz in der Datei bedeuten, dass kein Astderbholz vorhanden war am Baum ist plausibel. 0-Werte für Reisig allerdings entsprechen praktisch immer einer fehlenden Messung.
- e. AH hat noch eine Datei gefunden, die der Originaldatei von C. Hoffmann mehr entspricht als die bisher bekannte Datei. Eine erste Einschätzung ist, dass diese Datei wichtige weitere Information enthält, die Probleme der Verknüpfung mit Schaftdaten auf Einzelbaumbasis nicht lösen kann. Zudem stellt sie ebenfalls nur ein unbekanntes Subsample der insgesamt vorhandenen Messungen dar, und 0-Werte sind ebenfalls nicht differenziert in reale 0-Werte und Null bzw. nicht gemessen.
- f. die bestehende Annahme, dass Astderbholzvolumen in  $\text{dm}^3$  und Reisig in  $\text{dm}^3/10$  vorliegen, konnte verifiziert werden.

### 3) weitere Daten

- a. gemäss der Zielsetzung der Besprechung vom 6.4.2022 konnten weitere Daten identifiziert werden. Diese bisher nicht plausibilisierte Daten enthalten
  - i. sektionsweise Schaftdaten mit Durchmessern über und unter Rinde
  - ii. Schaftdaten mit variablen Sektionslängen, die vermutlich in Verbindung stehen mit den bisher bekannten sektionsweisen Schaftdaten. Gemäss A. Zingg könnte es sich um wiederholte Messungen an stehenden Bäumen handeln.



- iii. einer Datei 'DATABIL', die ebenfalls sektionsweise Daten beinhaltet.
  - iv. die Daten zu Laub und Nadelmasse, die von H. Burger erhoben wurden und die Grundlage der im LFI verwendeten Biomassefunktionen sind (Perruchoud et al. 1999) sind gemäss A. Zingg und S. Liechti im EK-Archiv analog vorhanden.
- 4) weiteres Vorgehen
- plausibilisieren der entdeckten Datei zu Astderbholz und Reisig (MD & AH)
  - die weiteren Daten werden plausibilisiert, um deren Bedeutung und Eignung für weitere Analysen festzustellen (MD mit Hilfe von JS).
  - die Daten von Burger zu Laub- und Nadelmassen werden lokalisiert, um die Möglichkeit und Aufwand einer Digitalisierung abzuschätzen (MD mit Hilfe von ZV).
  - für die nächste Besprechung. wird der Aufwand geschätzt, der für eine neue und vollständige (aller vorhandenen Messungen entsprechend der Schaftdaten für Astderbholz und Reisig) Digitalisierung Aufwand notwendig ist (MD).
  - basierend auf den vorhanden in der EFM-Datenbank vorhandenen Informationen zu den Flächen wird die Abdeckung versch. Bestandestypen, die für das LFI relevant sind, ermittelt (JS mit Hilfe von MD).
  - nächste Besprechung am 28.6.2022 im EP D1.

### III) Meeting 14.07.2022

#### **Kurzprotokoll: Besprechung - Archivprojekt Datengrundlagen Biomassefunktionen**

Datum: 14.07.2022

Ort: EP D1 -Hybrid

Teilnehmer: Anne Herold, Esther Thürig, Zeljka Vulovic, Jonas Glatthorn, Jonas Stillhard, Markus Didion, Meinrad Abegg

- 1) Datei 'SGAR' – vermutliche Kopie der unter der Leitung von C. Hoffmann in 1983/84 erstellten **verknüpften** Datei mit Daten aus den 3 Dateien zu sektionsweise

Vermessungen (Version aus den 1970ern, vgl. auch Besprechung vom 20.05.2022), sowie den beiden neu digitalisierten Daten zu Reisg- und Astderbholzvolumen.

- a. Herkunft: zurückzuführen auf vermutlich technische Limitierungen in den 1980er finden sich in der verknüpften Datei Inkonsistenzen. Deren Bereinigung ist möglich.
- b. Verknüpfung: Nach Bereinigung verbleiben ca. 12'000 bis 13'000 verlinkte Einzelbaumdaten mit Informationen zu Baumalter, BHD, D7, Derbholzlänge, Scheitelhöhe, Schaftholz-, Astderbholz- und Reisigvolumen. Ca. 1600 Bäume noch nicht knüpft. Falls BHD-Differenz beim Verknüpfen auf  $\pm 1$  mm gesetzt würde, könnten ca. 850 Bäume zusätzlich verknüpft werden.
- c. Repräsentativität: Die Repräsentativität der Daten im Vergleich zu Daten aus dem LFI4 ist eingeschränkt insbesondere bei BHDs  $>$  ca. 50-60 cm, ungleichaltrigen Beständen, der räumlichen Verbreitung (keine Daten im Tessin, nur (sehr) wenige im Wallis und im Jura, sowie in Höhen  $>$  1000m). Die Astderbholzfunktion der Buche basiert nur auf Bäumen  $<$  60 cm. Das heisst, das Astderbholz grosser Buchen wird unterschätzt. Basierend auf der Datei der sektionsweisen Messungen, kann die Repräsentativität moderat verbessert werden durch die Digitalisierung weiterer Daten zu Astderbholz- und Reisigvolumen.

## 2) weitere Daten

- a. MBUCH: Die Datei MBUCH umfasst 244'490 Einzelbaumdaten zu BHD, D7, Derbholzlänge und Scheitelhöhe. Sie enthält keine Informationen zu Astderbholz- und Reisigvolumen. Sie bietet daher keinen Mehrwert für die Erstellung von Volumenfunktionen.
- b. Rinden: Die Datei zu Rindenmessungen umfasst 4'635 Einzelbaumdaten zu Messungen von BHD und Durchmesser in 2m Schaftsektionen mit und ohne Rinde. Die Messungen wurden an den gleichen Bäumen, die in den sektionsweise vermessen wurden durchgeführt, allerdings separat, so dass die Messungen mit Rinde nicht exakt den Daten der sektionsweisen Vermessung entsprechen. Die Informationen sind allerdings sehr wertvoll um das existierende Modell von E. Kaufmann zur Schätzung des Rindenanteils zu plausibilisieren, und ggf. zu verbessern, auch weil international keine entsprechenden Informationen vorhanden sind.
- c. DBIL: Der Inhalt der Datei 'DBIL' konnte nicht entschlüsselt werden.
- d. Laub- und Nadelmasse: die Daten zu Laub und Nadelmasse, die von H. Burger erhoben wurden und die Grundlage der im LFI verwendeten Biomassefunktionen sind (Perruchoud et al. 1999) sind analog vorhanden und katalogisiert. Aufgrund der Bedeutung der Blattmasse

für das THGI und der steigenden Bedeutung auch für das LFI, wird eine Digitalisierung der Daten erwogen.

### 3) Beschlüsse / Arbeiten

- Ein Datapaper zu den Daten der sektionsweise Vermessungen sowie den beiden neu zu Reisig- und Astderbholzvloumen wird parallel zur Dokumentation erstellt basierend auf dem aktuellen Kenntnis- und Datenstand. Allfällige Verbesserungen und Erweiterungen werden ggf. vor einer Publikation berücksichtigt. MD klärt mit den involvierten Personen die Verantwortlichkeiten und Autorenschaft ab, mit dem Ziel einer Submission bis Frühjahr 2023.
- MD klärt mit Martin und Christoph die Möglichkeiten ab für einen Projektantrag beim LFI über die Finanzierung eines Praktikanten für  $\geq 6$  Monate zur Digitalisierung weitere Daten mit der Priorität
  - Daten BHD  $> 50\text{cm}$
  - Blattmasse
  - Daten BHD  $< 12\text{cm}$ , da hier zunächst der Anteil von Einzelbäumen mit Messungen von Astderbholz- und/oder Reisigvolumen geklärt werden muss.
- JS klärt das Potential für weitere Daten in ungleichaltrigen Beständen und Beständen  $> 1000\text{m}$  ab, die dann im Rahmen der vorgesehen Digitalisierung weiterer Daten verarbeitet werden können.
- JS klärt das Potential zur Verknüpfen von Schaftdaten und DB mit lebenden Bäumen weiter ab. Falls in zwei Tagen möglich, macht JS es selber und wir nehmen es im Datapapier auf.- Falls es mehr Aufwand ist, wird es im Projektantrag von Markus als «Option» aufgenommen.
- Weitere Untersuchungen der Daten der Rindenmessungen erfolgen im Rahmen der regulären Arbeit an der kontinuierlichen Verbesserung des LFI bzw. der Daten für das THGI.

## **Appendix II – Definition of site variables in stemwood and branchwood dataset**

Additional details to variables in Table 1.

### Code (ID 2)

4 digit coding as brief identifier of i) tree numbering system, ii) information on tree conditions in punchcards, iii and iv) survey method. The review of the stemwood dataset and the field recording forms as well as information in uncatalogued documents (e.g. Figure A2.1) indicate that the code was not applied consistently.

### Site pre-number (ID3)

Defines the site type into 49 categories based on tree species, management, and trial type (Table A2.1).

### Site identifier (ID4)

Number of sample site.

### plot identifier (ID 5)

Number of plot. On some sites several plots were established. Plots are identified on field recording forms. The information was not transferred to the punchcards and is thus not available in the datasets.

### Geographic unit (ID 8)

The geographic unit identifies 12 spatial strata (Table A2.2). The derivation of the strata could not be identified.

### Slope (ID 9)

Categorical identifier of 4 slope classes: 0°-9°, 10°-19°, 20°-29°, and >29°.

### Aspect (ID 10)

Categorical identifier of 5 aspect classes: even terrain, northwest to northeast, northeast to southeast, southeast to southwest, southwest to northwest.

### Tree species composition (ID 11)

Categorical identifier of 4 tree species composition type: pure, conifer mixed, broadleaved mixed, conifer-broadleaved mixed.

### Estimated stemwood volume (ID15)

Defined as tree volume in dm<sup>3</sup> based on cylindrical volume of the stem sections (“Baumvolumen gemäss Zylinderformel (Walzenformel) aus den Sektionsmessungen). Thus, therefore presumably applies stemwood volume equals the sum of i) the cylindrical volumes of all 2 m sections of the merchantable stemwood based on the section diameters (variable IDs 26, 27, 28, etc), ii) the cylindrical volume of the last section of the merchantable stemwood if the length is less than 2 m based on the length and the mid-diameter (data not included in dataset; cf. section 3.2.1.1), and iii) the conic volume of the tree top above the merchantable part of the stem based on the length (i.e. the difference between variable IDs 24 and 25) and a base diameter of 7 cm. However, the so calculated volume does not exactly correspond to the data in the stemwood dataset, nor does the value from field recording form ‘J’. The values in the stemwood dataset are generally < 1% higher. The causes for the disagreement could not be identified, and may be rounding errors. Due to the small difference they can be deemed negligible.

#### Stump rot (ID 17)

Heart rot extending from the stump in meter; 99 in the case of no information. Note that this variable contains values other than ‘0’ for only 191 of 38’864 trees in the dataset, including 91 cases with ‘99’. Since the method to obtain this measurement and its origin in the field recording forms could not be identified, the plausibility cannot be evaluated.

#### Tree species (ID 18)

The stemwood dataset includes 27 tree species, the branchwood dataset 9. The species codes are defined in an uncatalogued document (Figure A2.2) and in the metadata file for EFM sites available from the EFM research group.

#### Estimated tree top volume (ID 19)

Volume of the tree top, i.e. part of the stem above 7 cm diameter estimated as cone based on a diameter of 7 cm and the measured length from field recording form ‘B.2’ (data not included in dataset; cf. section 3.2.1.1), which corresponds to the difference between the length of stem from tree base to diameter of 7 cm (variable ID 24) and the length of stem from tree base to tree top (variable ID 25).

**Table A2.1.** Site pre-numbers for sites in the stemwood and branchwood datasets. The definitions are also included in Appendix IV in Forrester et al. (2019) but they do not correspond to the site pre-numbers in EFM-treedb for 06 and 07 which have not been imported to treedb.

Site pre-number	Type	Tree species / Management	Stemwood dataset	Branchwood dataset
01	Yield ( <i>Ertrag</i> )	Conifers	X	X
02		Conifers and Broadleaves	X	X
03		Broadleaves	X	
04		Thinning ( <i>Astung</i> )	X	
05		National Park	X	
06		Clearcut	X	X
07		Trial site for wood samples	X	
21		Norway Spruce ( <i>Picea abies</i> )	X	X
22		Silver Fr ( <i>Abias alba</i> )	X	X
23		Scots Pine ( <i>Pinus sylvestris</i> )	X	X
24		European Larch ( <i>Larix deciduous</i> )	X	X
25		Weymouth Pine ( <i>P. strobus</i> )	X	X
26		Douglas Fir ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	X	
29		Sitka Spruce ( <i>P. sitchensis</i> )	X	
30		Corsican Pine ( <i>P. nigra</i> )	X	
31		Grand Fir ( <i>A. grandis</i> )	X	
32		False Cypress ( <i>Chamaecyparis</i> )	X	
33		Japanese Cedar ( <i>Cryptomeria japonica</i> )	X	
34		Western Red Cedar ( <i>Thuja plicata</i> )	X	
35		Serbian Spruce ( <i>P. omorika</i> )	X	
41		European Bech ( <i>Fagus sylvatica</i> )	X	X
42		English Oak & Sessile Oak ( <i>Quercus robur &amp; petraea</i> )	X	X
43		Ash ( <i>Fraxinus spp</i> )	X	X
45		Poplar ( <i>Populus spp</i> )	X	X
47		Birch ( <i>Betula spp</i> )	X	
11	Provenience ( <i>Provenienz</i> )	Spruce ( <i>Picea spp</i> )	X	
13		Larch ( <i>Larix spp</i> )	X	
61		cultural trials	X	
62		fertilizer trials	X	

**Table A2.2.** Geographic units used as spatial stratification of EFM sites. The difference between Mid-Alps, 1000-1500 m (7 sites in the stemwood dataset) and Alps, 1000-1500 m (6 sites in the stemwood dataset) is not clear, the latter are confined to the eastern part of Switzerland.

<b>ID</b>	<b>Region</b>	<b>Elevation range [m a.s.l.]</b>
11	Central Plateau ( <i>Mittelland</i> )	not applicable
21	Pre-Alps ( <i>Voralpen</i> )	< 600
22	Pre-Alps ( <i>Voralpen</i> )	600-1250
23	Pre-Alps ( <i>Voralpen</i> )	> 1250
31	Alps ( <i>Alpen</i> )	< 1000
32	Mid-Alps ( <i>Zwischenalpen</i> )	1000-1500
33	Alps ( <i>Alpen</i> )	1000-1500
34	Alps ( <i>Alpen</i> )	1500-1900
35	Alps ( <i>Alpen</i> )	> 1900
41	Jura	< 600
42	Jura	600-1250
43	Jura	> 1250

Beschreibung der Variablen

KODE

Kennzeichnung der Fläche nach verschiedenen Gesichtspunkten :

1.Ziffer

- 1 : BNR beinhaltet die Baumnummer
- 2 : BNR beinhaltet die Baumkoordinaten
- 3 : BNR beinhaltet die Ordnungsnummer

2.Ziffer

*→ Qualität heißt ...*

- 0 : SOZ und STF nicht gestanz, Qualität nicht gestanz
- 1 : SOZ gestanz
- 2 : STF gestanz
- 3 : Qualität gestanz (kann jetzt noch nicht vorkommen)
- 4 : SOZ und STF gestanz
- 5 : SOZ und Qualität gestanz (kann jetzt noch nicht vorkommen)
- 6 : STF und Qualität gestanz (kann jetzt noch nicht vorkommen)
- 7 : SOZ und STF und Qualität gestanz (kann jetzt noch nicht vorkommen)

3.Ziffer

- 1 : 4. Ziffer = 1 oder 3 oder 5
- 2 : 4. Ziffer = 2 oder 4 oder 6
- 3 : 4. Ziffer = 7
- 4 : 4. Ziffer = 8
- 5 : 4. Ziffer = 9 oder 11
- 6 : 4. Ziffer = 10 oder 12
- 7 : 4. Ziffer = 13
- 8 : 4. Ziffer = 14

4.Ziffer Die Daten D01 bis D59 stammen aus folgenden Unterlagen:

Code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Bemerkung: Für Werte von 10 bis 14 ist in einer Dezimalziffer kein Platz.

Die Art der Kodierung ist unklar.

Figure A2.1. Copy of an uncatalogued document explaining the variable CODE (Variable 2 in Table 1) in the stemwood dataset.



## Beschreibung der Variablen

BA BaumartNadelhölzer

21 Fichte  
 22 Tanne  
 23 Föhre  
 24 Lärche  
 25 Weymoutföhre  
 26 Douglasie  
 27 Arve  
 28 Bergföhre  
 29 Sitkafichte  
 30 Schwarzföhre  
 31 Abies grandis  
 32 Chamaecyparis  
 33 Cryptomeria japonica  
 34 Thuja gigantea- plicata  
 35 Picea omorica  
 36 Japanische Lärche  
 37  
 38  
 39  
 40 übrige Nadelhölzer (Eibe,

Laubhölzer

41 Buche  
 42 Eiche Tr Ei = 200, Teilflächen  
 St Ei = 100  
 43 Esche  
 44 Ahorn  
 45 Pappel  
 46 Kastanie *Edel*  
 47 Birke  
 48 Nussbaum  
 49 Erle  
 50 Linde  
 51 Ulme  
 52 Kirschbaum  
 53 Weide  
 54 Sorbus (Vogel-, Mehl-, Elsbeer)  
 55 Hagebuche (Hainbuche)  
 56 Aspe (Zitterpappel)  
 57  
 58  
 59  
 60 übrige Laubhölzer (falsche Akaz  
 (Rob.),

Zusätzliche Baumarten-Codes, die nicht zugleich Flächenvorzahl sind.

11 abies procera	61 fagus orientalis
12 cedrus deodara	62 liriodendron tulipifera (Tulpen)
13 metasequoia glyptostroboides	63 fraxinus americana
14 pinus ponderosa	64 Roteiche; Quercus rubra (= Q. borealis)
15 pinus resinosa	65 Quercus castaneifolia
16 pinus griffithii = p. walli- chiana	66 Castanea crenata (Jap. Kastan)
17 tsuga heterophylla.	67
18	68
19	69

**Figure A2.2.** Copy of an uncatalogued document explaining the variable tree species in the stemwood and branchwood datasets.



# Appendix IV – Instructions to convert measured data from field recording forms to punchcards

Example of instructions; document contained in folder B1/B2 available from the EFM team.

Aus B-2 Ordner

IBM DATA PROCESSING		Karten-Einstellung für Aushiebe mit Sektionsvermessung										Arbeitsgebiet Elog. Anstalt für das forstliche Versuchswesen Ertragskunde 8903 Birmensdorf ZH										No. Datum Juni 1974 Visum St. Müller Ergänzung Juli 74											
Kartenzusatzung	Kopfkarte	Versuchs- Flächen- N <sup>o</sup>		Post- leit- zahl		Gemeinde										Kt	Bestandes- be- gründ- ung	Veg. Jahr der Aufn.	Erh. art	Gebiet	Höhen- angabe	Erhebung- methode	Flächen- inhalt	Code von Volumenfunktion									
	1. Baumkarte	B'N <sup>o</sup>	Koordinaten	BA	1.	2.	Endstück	Stammhöhe		Gipfelstück		Sektorteilung		SH		SO		Stückfläche		Qualität		* Klein abhand. Kern... Gied. & ... vorhanden nach 2. Absch. n. ... Fabr. 1975 (ab Mitte Fabr. nicht mehr dagegen u. muss unbedingt nötig.)											
Kartenzusatzung	1. Folgekarte	B'N <sup>o</sup>	Durchmesser in der Mitte der Sektionen (Länge unterschieden durch Erhart)										5		6		Code C = Kopfkarte O = Baumkarte 1-9 = Sektions ab = Rinde																
	2. Folgekarte	B'N <sup>o</sup>	7	8	9	10	11	12	mit Progn. Rinde u. Vol. f. Anwesen.																								
Erhart 1, 1, 1, 1, 1 etc. (alle nur 10 per Sektion)	B'N <sup>o</sup>	1	2	3	4	5	6	Blank																									
<p>Bemerkung: im Plantenwald ist die sog. Stellung (SO) nicht nötig. Alter beim Einzelbaum wurde weggelassen, nur Bestandesalter auf Kopfkarte, hat eine Fläche Holzalter mit stark unterschiedlichem Alter, so sind sie durch eine Kopfkarte zu messen mit anderen Bestandesbegrenzung.</p> <p>Achtung! Wichtig! Aus hieße ohne B'N<sup>o</sup> (St.N<sup>o</sup>), also nur Ord.N<sup>o</sup>, sind mit 90000 + Ord.N<sup>o</sup> zu stangen! 3. A. N<sup>o</sup> Ord.N<sup>o</sup> 12 = 90012</p> <p>23.1.70 * Im Zukunft bei der richtigen B'N<sup>o</sup> nur 4 Stellen erlaubt wegen Einheits Abg., für Ord.N<sup>o</sup></p>																																	
Code: C = Kopfkarte		(Null) O = 1. Baumkarte		ist 90000 jedoch erlaubt.																													

# Appendix V – Project C. Hoffmann to digitize branchwood data

Astderb.Doc

## **Volumenfunktionen für Astderbholz und Reisig C.Hoffmann Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen CH-8903 Birmensdorf**

Zur Erfassung der Produktion des Waldes werden Volumenfunktionen benötigt. Sie liefern aus verschiedenen Kenngrössen das geschätzte Volumen eines Baumes an Schaftholz, Astderbholz, Gesamtderbholz, Reisig, Gesamtmasse etc. In dieser Arbeit werden als Kenngrössen der Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Scheitelhöhe (SH) verwendet, dazu der Durchmesser in 7 Metern Höhe (D7), um die Wuchsformen der verschiedenen Baumarten zu berücksichtigen (vgl. SCH 1, im Literaturverzeichnis am Ende).

Bisher lagen Volumenfunktionen mit und ohne D7 vor für Laubholz, Nadelholz und für beides zusammen, dazu für Fichte und Buche (CRU 1 – 14).

In der vorliegenden Arbeit werden neue Volumenfunktionen mit dem D7 angegeben. Die Funktionen für Astderbholz und für Reisig stehen dabei im Vordergrund. Für sie wurden die Daten beschafft und aufbereitet. Beim Astderbholz kommen Bäume vor, deren gemessene Volumina Null sind. Diese Bäume werden bei der Berechnung der Volumenfunktion mitberücksichtigt, beim Reisig werden sie jedoch konsequent weggelassen, da sie bei den Aufnahmen im Wald praktisch immer als nicht erfasst vermerkt wurden.

Eine Kovarianzanalyse untersucht, ob sich die Volumenfunktionen voneinander und von denen für Gesamtablaubholz und Gesamtnadelholz unterscheiden. Beides ist der Fall. Die Gesamtfunktionen sind zum Teil beträchtlich weniger genau als die Einzelfunktionen. Den Genauigkeitsverlust bei ihrer Verwendung geben wir an mit der Varianzzunahme, oder wir zitieren das Ergebnis eines statistischen Signifikanztests.

Für jede Volumenfunktion wird folgendes angegeben:

- die Eingangskenngrössen mit ihren Dimensionen
- die Ausgangsgrösse mit ihrer Dimension
- die Quelle der Formeln mit Datum und Laufkennung der EDV
- die Formel oder Formeln, falls mehrere zweckmässig sind
- eine Bemerkung über den Bias, wenn man nur positive Werte zulassen will
- das Bestimmtheitsmass und die Standardabweichung
- die Anzahl ausgewerteter Bäume
- der Anteil gemessener Volumina grösser als Null
- eine Angabe darüber, was für Abweichungen zwischen gemessenen und geschätzten Volumina vorgekommen sind
- eine grafische Darstellung der Differenzen zwischen den berechneten und den gemessenen Werten

Für die Gesamtvolumenfunktionen wird noch vermerkt, ob sie ohne grossen Genauigkeitsverlust anstelle der Einzelfunktionen eingesetzt werden können.

Im Anhang beschreiben wir kurz das Ausgangsmaterial, den Arbeitsablauf und die Struktur der Arbeitsdatei.

### **Auswertungen**

Mit dem Programm KOVA der EAFV (siehe HOF 1) wurden die einzelnen Volumenfunktionen als Regressionen gerechnet. Eingangsgrössen der Regressionen sind BHD, D7, SH und Potenzprodukte von je zweien, zum Beispiel

$BHD * D7, BHD ** 2 * D7, BHD * D7 ** 2, \dots, BHD ** 4, SH ** 4,$

dazu noch Quotienten wie  $BHD/D7, D7/BHD$  etc. Die Volumenfunktionen werden berechnet für

- Buche
- Eiche
- übriges Laubholz
- Laubholz gesamt

AstDerb.Doc 1998.08.28

1

- Fichte
- Tanne
- Föhre
- Lärche
- übriges Nadelholz.
- Nadelholz gesamt

Die Volumenfunktionen sind im einzelnen

- Schaftholzvolumen (SVOL)
- Astderbholzvolumen (DVOL)
- Gesamtderbholzvolumen (SVOL + DVOL – GS)
- Reisigvolumen (RVOL)
- Astderbholz+Reisig+Gipfelstück (DVOL + RVOL + GS)
- Gesamtmasse oberirdisch (DVOL + RVOL + SVOL)

Die Volumenfunktionen sind als FORTRAN–Subroutinen erhältlich.

Bezeichnung: 2.7E–4 heisst 2.7\*10 hoch (–4)

## **VOLUMENFUNKTIONEN SCHAFTHOLZ FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
Ausgabe: Schaftholzvolumen SFVOL in dm<sup>3</sup>.  
Quelle : Job XE171L, H82044K, 23.03.1984, 1216, C.HOFFMANN, EAFV.

### **BUCHE**

		Standardabweichung der Koeffizienten
SFVOL <sub>BU</sub> =	6.698082	
	+2.110446E–5 *BHD**2*SH	(+– 1.90E–6)
	–3.467702E–8 *BHD**2*SH**2	(+– 1.17E–9)
	–3.114219E–5 *D7**3	(+– 5.16E–6)
	+4.451315E–5 *BHD*D7**2	(+– 9.68E–6)
	–1.703666E–5 *BHD**2*D7	(+– 4.95E–6)
	+3.702733E–5 *D7**2*SH	(+– 2.46E–6)

Mittelwert = 660.7 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von SFVOL = 58.9 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.992,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 4552.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

????:

Will man RSVOL < 0 verbieten, so ist RSVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen leichten positiven Bias, da 29 der geschätzten Volumina negativ waren.

### **EICHE**

		Standardabweichung der Koeffizienten
SFVOL <sub>EI</sub> =	7.524241	
	+3.368878E–3 *BHD**2	(+– 1.32E–4)
	–1.801467E–3 *D7 *SH	(+– 4.56E–4)
	–6.884470E–6 *D7 **3	(+– 7.87E–7)
	+4.887752E–5 *D7 **2*SH	(+– 1.83E–6)

Mittelwert = 870.8 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 61.3 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.994.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 1123.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES LAUBHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
SFVOL <sub>UL</sub> =	-2.503462E+	
	-3.665692E+0 *BHD	(+- 1.31E+0)
	+1.301859E-2 *BHD*SH	(+- 2.56E-3)
	+5.740460E+2 *BHD/SH	(+- 1.74E+2)
	+2.954736E-5 *D7 **2*SH	(+- 1.23E-6)

Mittelwert = 1265.2 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 42.7 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.994.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 117.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAUBHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
SFVOL <sub>LH</sub> =	5.671059E-2	
	+2.595184E-3 *BHD**2	(+- 1.15E-4)
	+4.173306E-5 *D7 **2*SH	(+- 9.87E-7)
	-9.908902E-8 *D7 **4	(+- 1.33E-8)
	+1.591891E-7 *BHD*D7 **3	(+- 2.21E-8)
	-1.904366E-8 *D7 **3*SH	(+- 2.96E-9)
	-5.964015E-8 *BHD**2*D7**2	(+- 9.41E-9)

Mittelwert = 713.7 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 61.8 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.992.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 5792.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 10% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den drei einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## VOLUMENFUNKTIONEN ASTDERBHOLZ FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Astderbholzvolumen ADVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE173L, H8204HV, 21.03.1984, 1006, C.HOFFMANN, EAFV.

### BUCHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
ADVOL <sub>BU</sub> =	-1.403244E+2 Koeffizienten	
	+2.415905E-1 *BHD**2	(+- 1.57E-2)
	-3.894231E-3 *BHD**3	(+- 1.92E-4)
	+2.472149E-6 *BHD**4	(+- 1.32E-7)
	+3.598767E-1 *D7 **2	(+- 2.15E-2)
	-5.966492E-1 *BHD*D7	(+- 3.66E-2)

+5.388093E-3	*D7 **3	(+- 2.42E-4)
-1.474625E-2	*BHD*D7**2	(+- 6.69E-4)
+1.325147E-2	*BHD**2*D7	(+- 6.20E-4)
-1.378949E-5	*D7 **4	(+- 6.82E-7)
+3.190223E-5	*BHD*D7**3	(+- 1.59E-6)
-2.060570E-5	*BHD**2*D7**2	(+- 1.04E-6)
+2.708042E+2	*D7**2/BHD**2	(+- 3.02E+1)

Mittelwert = 50.4 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 93.0 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.55.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 4552, davon 1807 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 8 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.5 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### EICHE

ADVOL <sub>EI</sub> =	-1.030388E+1	Standardabweichung der Koeffizienten
	+1.504960E-3 *D7 *SH	(+- 6.46E-4)
	-8.428786E-6 *D7 **2*SH	(+- 2.22E-6)
	+1.880729E-8 *D7 **4	(+- 1.43E-9)

Mittelwert = 69.1 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 77.1 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.73.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 1123, davon 619 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 3 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.5 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES LAUBHOLZ

ADVOL <sub>UL</sub> =	-6.228939	Standardabweichung der Koeffizienten
	+5.372440E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 8.07E-9)
	-2.056849E-5 *D7 **2*SH	(+- 3.69E-6)

Mittelwert = 69.7 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 117.6 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.33.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 117, davon 72 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für einen Baum ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.5 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAUBHOLZ GESAMT

ADVOL <sub>LH</sub> =	-3.414786E+2	Standardabweichung der Koeffizienten
	+1.525439E+1 *BHD	(+- 1.66E+0)
	-1.445118E-1 *BHD**2	(+- 1.19E-2)
	-5.447160E-4 *BHD**3	(+- 7.55E-5)
	+2.716691E-7 *BHD**4	(+- 5.06E-8)
	+1.546302E-7 *SH **4	(+- 3.63E-8)
	-4.956476E-7 *BHD**3*SH	(+- 7.16E-8)
	-6.060501E-7 *BHD*SH**3	(+- 1.18E-7)
	+8.931115E-7 *BHD**2*SH**2	(+- 1.14E-7)
	-1.391673E+1 *D7	(+- 2.07E+0)
	+1.518870E-1 *BHD*D7	(+- 1.34E-2)
	+2.522690E-3 *D7 **3	(+- 1.78E-4)
	-5.608372E-3 *BHD*D7**2	(+- 4.20E-4)
	+3.643947E-3 *BHD**2*D7	(+- 3.13E-4)
	-4.204333E-5 *D7 **2*SH	(+- 6.34E-6)
	-4.564692E-6 *D7 **4	(+- 3.99E-7)

+9.052838E-6	*BHD*D7**3	(+- 8.47E-7)
-4.678488E-6	*BHD**2*D7**2	(+- 4.96E-7)
+2.030360E+2	*D7**2/BHD**2	(+- 9.48E+1)
-6.786141E+1	*D7**2/SH **2	(+- 2.09E+1)

Mittelwert = 54.4 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 96.3 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.53.  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 5792, davon 2498 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 27 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.5 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 13% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN GESAMTDERBOLZ FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Gesamtderbholzvolumen GDVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE172L, H8204GZ, 23.05.1984, 1800, C.HOFFMANN, EAFV.

### **BUCHE**

GDVOL <sub>BU</sub> =		Standardabweichung der Koeffizienten
-2.497200E+1		
+8.930010E-3	*BHD**2	(+- 2.07E-3)
+4.313659E-5	*BHD**3	(+- 3.20E-6)
+4.187965E-5	*BHD**2*SH	(+- 1.09E-5)
-1.353762E-8	*BHD**4	(+- 4.71E-9)
-8.666042E-8	*BHD**3*SH	(+- 1.74E-8)
+3.570545E-2	*D7 **2	(+- 3.75E-3)
-5.099506E-2	*BHD*D7	(+- 3.46E-3)
+1.413309E-2	*D7 *SH	(+- 1.55E-3)
-3.949047E-5	*D7 **2*SH	(+- 1.37E-5)
-3.985130E-5	*D7 *SH**2	(+- 6.73E-6)
+1.604762E-7	*D7 **2*SH**2	(+- 2.33E-8)

Mittelwert = 704.2 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 81.5 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.989,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 4552.

Will man GDVOL < 0 verbieten, so ist GDVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### **EICHE**

GDVOL <sub>EI</sub> =		Standardabweichung der Koeffizienten
-9.675878E+1		
+1.499590E+0	*BHD	(+- 2.35E-1)
+4.554832E-6	*BHD**2*D7	(+- 7.24E-7)
+2.375418E-5	*D7 **2*SH	(+- 3.05E-6)
+3.360619E-8	*D7 **3*SH	(+- 6.71E-9)
-8.252140E+1	*D7 / SH	(+- 2.78E+1)

Mittelwert = 935.1 dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 84.9 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.991,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 1123.



Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES LAUBHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
$GDVOL_{UL} =$	-2.068197E+2	
	+8.200438E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 5.25E-9)
	+2.087286E+0 *D7	(+- 4.72E-1)
Mittelwert	= 1329,5 dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von $GDVOL$	= 113,8 dm <sup>3</sup> ,	$R^2 = 0,966,$
Anzahl ausgewertete Bäume	= 117.	

Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAUBHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
$GDVOL_{LH} =$	-1.756340E+3	
	+2.823425E+1 *BHD	(+- 3.03E+0)
	-3.551050E-1 *BHD**2	(+- 2.87E-2)
	-7.792467E-5 *BHD**3	(+- 2.35E-5)
	-4.440789E-7 *BHD**3*SH	(+- 4.25E-8)
	-1.461895E-7 *BHD*SH**3	(+- 4.05E-8)
	+6.229413E-7 *BHD**2*SH**2	(+- 6.38E-8)
	+3.217343E+2 *SH /BHD	(+- 4.70E+1)
	+1.122656E+3 *BHD/SH	(+- 1.51E+2)
	-2.978951E+1 *D7	(+- 3.41E+0)
	-1.265924E-1 *D7 **2	(+- 1.77E-2)
	+5.261230E-1 *BHD*D7	(+- 4.89E-2)
	+2.999869E-3 *D7 **3	(+- 1.73E-4)
	-6.076612E-3 *BHD*D7**2	(+- 3.34E-4)
	+3.166427E-3 *BHD**2*D7	(+- 1.66E-4)
	-1.407156E-4 *D7 **2*SH	(+- 4.11E-5)
	+3.167556E-5 *D7 *SH**2	(+- 1.89E-5)
	-5.049233E-6 *D7**4	(+- 2.90E-7)
	+9.091471E-6 *BHD*D7**3	(+- 5.17E-7)
	+3.547421E-7 *D7 **3*SH	(+- 5.75E-8)
	-4.062537E-6 *BHD**2*D7**2	(+- 2.33E-7)
	-2.486836E-7 *D7 **2*SH**2	(+- 5.96E-8)
	+7.128661E+2 *D7**2/BHD**2	(+- 1.17E+2)
	-7.565991E+2 *D7**2/SH **2	(+- 1.09E+2)
Mittelwert	= 761,6 dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von $GDVOL$	= 86,7 dm <sup>3</sup> ,	$R^2 = 0,988,$
Anzahl ausgewertete Bäume	= 5792.	

Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 9% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN REISIG FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Reisigvolumen RSVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE175L, H820429, 25.04.1984, 1235, C.HOFFMANN, EAFV.

## BUCHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>BU</sub> =	1.401109E+1	
	+1.093268E-5 *BHD**3	(+- 1.24E-6)
	-1.167441E-8 *SH **4	(+- 1.26E-9)
	-2.959700E-8 *BHD**3*SH	(+- 4.00E-9)
	-9.361585E-3 *D7 **2	(+- 1.65E-3)
	-1.120282E-5 *BHD*D7**2	(+- 2.23E-6)
	+6.286641E-5 *D7 **2*SH	(+- 8.84E-6)
	+7.104678E-9 *BHD**2*D7**2	(+- 2.07E-9)
	-5.776465E-8 *D7 **2*SH**2	(+- 1.20E-8)
	+8.507488E+1 *D7 **2/SH**2	(+- 1.93E+1)

Mittelwert = 89.0 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 38.5 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.84,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 3451, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 14 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.2 m<sup>3</sup>.

Alle geschätzten Volumina waren positiv.

## EICHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>EI</sub> =	1.358657E+1	
	-2.945512E-9 *BHD**2*SH**2	(+- 8.70E-10)
	+1.077377E-3 *BHD*D7	(+- 8.44E-5)

Mittelwert = 82.2 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 36.5 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.66,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 850, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 12 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

Alle geschätzten Volumina waren positiv.

## UEBRIGES LAUBHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>UL</sub> =	1.454239E+1	
	-4.844696E-6 *BHD**3	(+- 2.04E-6)
	+1.228100E-8 *BHD**4	(+- 4.08E-9)
	+1.044660E+2 *D7 **2/SH**2	(+- 2.43E+1)

Mittelwert = 1101.5 m<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 39.6 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.66,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 79, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 3 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

Alle geschätzten Volumina waren positiv.

## LAUBHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>LH</sub> =	-3.500801E+1	
	+6.790244E-3 *BHD*SH	(+- 6.56E-4)
	-9.922307E-9 *SH **4	(+- 3.03E-9)
	-7.294306E-8 *BHD*SH**3	(+- 8.21E-9)
	+1.633769E+1 *SH / BHD	(+- 7.00E+0)
	-7.838951E-1 *D7	(+- 1.30E-1)

-2.320447E-2	*D7 **2	(+- 2.00E-3)
+1.090812E-4	*D7 **2*SH	(+- 8.60E-6)
+2.052598E-8	*D7 **4	(+- 3.17E-9)
-9.369273E-8	*D7 **3*SH	(+- 1.02E-8)
+2.483227E+2	*D7 **2/SH**2	(+- 3.01E+1)

Mittelwert = 87.9 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 49.7 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.70,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 4380, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0.

Will man RSVOL < 0 verbieten, so ist RSVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 70% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den drei einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN**

### **ASTDERBHOLZ+REISIG+GIPFELSTUECK FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
Ausgabe: Astderbholz+Reisig+Gipfelstückvolumen ARVOL in dm<sup>3</sup>.  
Quelle: Job XE176L, H82045W, 25.04.1984, 1850, C.HOFFMANN, EAFV.

#### **BUCHE**

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>BU</sub> =	-1.647241E+1	
	+6.569854E-1 *BHD	(+- 2.39E-1)
	+4.398571E-3 *BHD*SH	(+- 8.85E-4)
	-1.982927E-4 *BHD**3	(+- 1.70E-5)
	-1.928744E-8 *SH **4	(+- 3.04E-9)
	-1.330298E-2 *BHD*D7	(+- 1.76E-3)
	+6.815170E-4 *D7 **3	(+- 4.48E-5)
	-1.359703E-3 *BHD*D7**2	(+- 9.82E-5)
	+9.421388E-4 *BHD**2*D7	(+- 7.18E-5)
	-6.322808E-8 *D7 **4	(+- 5.48E-9)

Mittelwert = 130.7 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von ARVOL = 78.9 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.81,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 3451.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

#### **EICHE**

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>EI</sub> =	-4.441045E+1	
	+8.028632E-1 *BHD	(+- 2.19E-1)
	-2.076942E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 4.42E-9)
	+1.888104E-8 *BHD*D7**3	(+- 1.48E-9)
	-5.813694E+1 *D7 **2/SH**2	(+- 2.69E+1)

Mittelwert = 160.6 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von ARVOL = 92.2 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.79,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 850.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES LAUBHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>UL</sub> =	3.729084E+1	
	-1.214504E-4 *BHD**2*SH	(+- 2.70E-5)
	+3.597954E-7 *BHD**3*SH	(+- 6.83E-8)
	+4.897196E-2 *D7 **2	(+- 1.20E-2)
	-1.415237E-4 *BHD*D7**2	(+- 3.03E-5)
Mittelwert	= 173.7 dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von ARVOL	= 108.8 dm <sup>3</sup> ,	R <sup>2</sup> = 0.67,
Anzahl ausgewertete Bäume	= 79.	

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAUBHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>LH</sub> =	3.547647E+1	
	-4.933255E-5 *SH **3	(+- 1.20E-5)
	+4.700239E-7 *SH **4	(+- 4.88E-8)
	-8.825799E-7 *BHD**3*SH	(+- 5.48E-8)
	-1.423472E-6 *BHD*SH**3	(+- 1.03E-7)
	+1.766882E-6 *BHD**2*SH**2	(+- 1.08E-7)
	-4.686382E-2 *BHD*D7	(+- 7.33E-3)
	+4.333171E-2 *D7 *SH	(+- 6.97E-3)
	+7.046625E-4 *D7 **3	(+- 4.24E-5)
	-1.207062E-3 *BHD*D7**2	(+- 7.24E-5)
	+6.013884E-4 *BHD**2*D7	(+- 3.74E-5)
	-6.993618E-7 *D7 **4	(+- 6.13E-8)
	+7.863667E-7 *BHD*D7**3	(+- 6.06E-8)
	+1.801306E-8 *D7 **3*SH	(+- 6.65E-8)
	-1.198170E-7 *D7 **2*SH**2	(+- 6.93E-8)
	-2.443305E+2 *D7**2/BHD**2	(+- 4.88E+1)
	+2.627669E+2 *D7**2/SH **2	(+- 6.06E+1)
Mittelwert	= 137.2 dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von ARVOL	= 91.8 dm <sup>3</sup> ,	R <sup>2</sup> = 0.75,
Anzahl ausgewertete Bäume	= 4380.	

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 25% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den drei einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN GESAMTMASSE OBERIRDISCH FUER BUCHE, EICHE, UEBRIGES LAUBHOLZ UND LAUBHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
Ausgabe: Gesamtmasse GMVOL in dm<sup>3</sup>.  
Quelle: Job XE177L, H82049I, 24.04.1984, 1520, C.HOFFMANN, EAFV.

### BUCHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
GMVOL <sub>BU</sub> =	3.700688E+1	
AstDerb.Doc	1998.08.28	

-4.889940E-3	*SH **2	(+- 7.53E-4)
+2.250058E-5	*BHD**2*SH	(+- 4.08E-6)
-2.097837E-7	*BHD**4	(+- 1.27E-8)
-2.880457E-8	*BHD*SH**3	(+- 4.76E-9)
-1.717779E-2	*BHD*D7	(+- 2.23E-3)
+1.978918E-2	*D7 *SH	(+- 2.52E-3)
+6.862952E-4	*D7 **3	(+- 3.78E-5)
-1.130910E-3	*BHD*D7**2	(+- 6.21E-5)
+5.217442E-4	*BHD**2*D7	(+- 2.81E-5)
-6.681471E-7	*BHD*D7**3	(+- 4.99E-8)
+8.061536E-7	*BHD**2*D7**2	(+- 6.01E-8)

Mittelwert = 646.6 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von GMVOL = 65.6 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.992,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 3451.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### EICHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
GMVOL <sub>EI</sub> =	-5.615344	
	+1.039058E-4 *BHD**3	(+- 5.21E-5)
	+5.119596E-3 *D7 *SH	(+- 8.08E-4)
	-3.174457E-4 *D7 **3	(+- 1.06E-4)
	+6.828495E-4 *BHD*D7**2	(+- 2.54E-4)
	-4.603840E-4 *BHD**2*D7	(+- 2.00E-4)
	+2.319173E-5 *D7 **2*SH	(+- 3.82E-6)

Mittelwert = 1051.5 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von GMVOL = 95.3 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.990,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 850.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES LAUBHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
GMVOL <sub>UL</sub> =	6.484850E+2	
	-1.265807E+1 *BHD	(+- 2.53E+0)
	+1.079697E-4 *BHD**2*SH	(+- 1.48E-5)
	-2.769692E-5 *BHD*D7**2	(+- 8.14E-6)
	+2.107850E+3 *D7 / SH	(+- 5.36E+2)

Mittelwert = 1213.1 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von GMVOL = 105.7 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.962,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 79.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAUBHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
GMVOL <sub>LH</sub> =	1.176011E+2	
	-5.372535E+0 *BHD	(+- 7.72E-1)
	+5.437538E-2 *BHD**2	(+- 5.21E-3)
	+3.958516E-5 *BHD**3	(+- 7.77E-6)
	+1.231012E-4 *BHD**2*SH	(+- 1.25E-5)
	+2.536101E-7 *SH **4	(+- 2.32E-8)
	-6.694048E-7 *BHD**3*SH	(+- 4.62E-8)
	-9.576511E-7 *BHD*SH**3	(+- 7.42E-8)
	+1.042930E-6 *BHD**2*SH**2	(+- 8.91E-8)

+1.057556E+1	*D7	(+- 1.30E+0)
+7.472149E-2	*D7 **2	(+- 5.30E-3)
-1.771199E-1	*BHD*D7	(+- 9.63E-3)
+6.578624E-5	*D7 **2*SH	(+- 7.62E-6)
-1.547398E-7	*D7 **4	(+- 1.03E-8)
+2.534677E-7	*BHD**2*D7**2	(+- 1.53E-8)
-4.358523E+2	*D7**2/BHD**2	(+- 8.21E+1)
+3.309506E+2	*D7**2/SH **2	(+- 5.17E+1)

Mittelwert = 735.4 dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von GMVOL = 81.4 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.990,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 4380.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Laubholz ergibt eine um 24% höhere Varianz als die drei einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den drei einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN SCHAFTHOLZ FUERFICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
Ausgabe: Schaftholzvolumen SFVOL in dm<sup>3</sup>.  
Quelle: Job XE171N, H8204YM, 04.04.1984, 1812, C.HOFFMANN, EAFV.

### **FICHTE**

SFVOL <sub>FI</sub> =		Standardabweichung der Koeffizienten
-4.804000E+1		
+2.071175E-3	*SH **2	(+- 3.72E-4)
+1.129611E-2	*BHD*SH	(+- 9.21E-4)
-7.205757E-6	*BHD**3	(+- 7.82E-7)
+8.547651E-9	*BHD**4	(+- 1.52E-9)
+3.021874E-8	*BHD**3*SH	(+- 4.69E-9)
-5.066776E-8	*BHD**2*SH**2	(+- 4.83E-9)
-1.835683E-2	*D7 *SH	(+- 1.55E-3)
+8.250710E-5	*D7 **2*SH	(+- 2.99E-6)
-2.906250E-8	*BHD*D7**3	(+- 1.51E-9)
+4.866792E+1	*D7**2/BHD**2	(+- 1.06E+1)
+8.670951E+1	*D7**2/SH **2	(+- 9.12E+0)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von SFVOL = 31.7 dm<sup>3</sup>, R<sup>2</sup> = 0.998,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 4360.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### **TANNE**

SFVOL <sub>TA</sub> =		Standardabweichung der Koeffizienten
1.578318E+2		
-1.724413E+0	*BHD	(+- 2.20E-1)
+7.061507E-3	*BHD**2	(+- 4.87E-4)
+2.228744E-8	*SH **4	(+- 1.79E-9)
-1.020140E-8	*BHD**3*SH	(+- 9.84E-10)
+3.652217E-5	*D7 **2*SH	(+- 7.94E-7)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>

Standardabweichung von SFVOL = 90.9 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.995,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 812.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### FOEHRE

SFVOL <sub>FO</sub> =	-6.297279		Standardabweichung der Koeffizienten
	+3.728649E-3 *BHD**2	(+- 2.40E-4)	
	-4.868856E-9 *BHD**4	(+- 9.12E-10)	
	+3.004678E-5 *D7 **2*SH	(+- 2.18E-6)	
	+3.063913E-8 *D7 **3*SH	(+- 5.53E-9)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 33.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.995,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 639.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAERCHE

SFVOL <sub>LA</sub> =	-1.294859E+1		Standardabweichung der Koeffizienten
	-1.905938E-8 *BHD**3*SH	(+- 1.54E-9)	
	-1.275402E-2 *D7 **2	(+- 1.24E-3)	
	+1.283416E-2 *BHD*D7	(+- 7.41E-4)	
	-8.774514E-6 *D7 **3	(+- 1.65E-6)	
	+5.733120E-5 *D7 **2*SH	(+- 1.69E-6)	
	+1.185495E-8 *BHD**2*D7**2	(+- 1.46E-9)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 65.2 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.996,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 751.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES NADELHOLZ

SFVOL <sub>UN</sub> =	-8.397419		Standardabweichung der Koeffizienten
	+2.930174E-3 *BHD**2	(+- 1.60E-4)	
	+4.263159E-6 *BHD*SH**2	(+- 6.73E-7)	
	+3.361213E-5 *D7 **2*SH	(+- 1.02E-6)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 53.2 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.994,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 660.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### NADELHOLZ GESAMT

SFVOL <sub>NH</sub> =	-1.829873E+1		Standardabweichung der Koeffizienten
	+1.113197E-2 *BHD*SH	(+- 1.65E-3)	
	-2.056839E-5 *BHD**2*SH	(+- 3.32E-6)	
	-9.507082E-5 *BHD*SH**2	(+- 1.08E-5)	
	-3.088396E-9 *BHD**4	(+- 6.46E-10)	
	+1.265065E-8 *BHD**3*SH	(+- 3.28E-9)	

+1.732604E-7	*BHD*SH**3	(+- 1.70E-8)
-3.333171E-2	*D7 **2	(+- 2.23E-3)
+1.896188E-2	*BHD*D7	(+- 1.48E-3)
+4.378264E-3	*D7 *SH	(+- 9.27E-4)
+1.707729E-4	*D7 **2*SH	(+- 1.00E-5)
-2.099120E-7	*D7 **2*SH**2	(+- 1.68E-8)
-4.109565E+1	*D7 / SH	(+- 1.20E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von SFVOL = 54.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.996,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 7222.

Will man SFVOL < 0 verbieten, so ist SFVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz ergibt eine um 28% höhere Varianz als die fünf einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den fünf einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN ASTDERBHOLZ FUER FICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Schaftholzvolumen ADVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE173N, H820443, 05.04.1984, 1923, C.HOFFMANN, EAFV.

### **FICHTE**

ADVOL<sub>FI</sub> = 0.0

Anzahl ausgewertete Bäume = 4360, davon keiner mit einem gemessenen Volumen grösser als 0.

### **TANNE**

ADVOL <sub>TA</sub> =	5.041337	Standardabweichung der Koeffizienten
	-6.443938E-9	*BHD**4 (+- 8.80E-10)
	+2.181372E-8	*BHD**3*SH (+- 2.88E-9)
	-5.844642E-8	*BHD*SH**3 (+- 7.56E-9)
	-1.331417E-6	*D7 *SH**2 (+- 6.47E-7)
	+4.748524E-8	*D7 **4 (+- 4.70E-9)
	-1.721887E-7	*D7 **3*SH (+- 1.83E-8)
	+1.745969E-7	*D7**2*SH**2 (+- 1.99E-8)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 34.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.30,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 812, davon 35 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 8 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist ADVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Wegen der geringen Anzahl Bäume mit einem Volumen grösser als Null ist diese Volumenfunktion nur wenig aussagekräftig.

### **FOEHRE**



$$\text{ADVOL1}_{\text{FO}} = 4.220657$$

$$\text{ADVOL2}_{\text{FO}} = -4.340979\text{E-}1 + 1.210440\text{E-}9 * \text{D7} ** 4$$

Standardabweichung der Koeffizienten

$$(+ - 1.82\text{E-}10)$$

$$\text{Mittelwert} = ? \text{ dm}^3$$

$$\text{Standardabweichung von ADVOL2} = 19.1 \text{ dm}^3, \quad \text{R2} = 0.06,$$

Anzahl ausgewertete Bäume = 639, davon 69 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 6 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als  $0.1 \text{ m}^3$ .

Will man  $\text{ADVOL2} < 0$  verbieten, so ist  $\text{ADVOL2}$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Wegen der geringen Anzahl Bäume mit einem Volumen grösser als Null sind diese Volumenfunktionen nur wenig aussagekräftig.

### LAERCHE

$$\text{ADVOL1}_{\text{LA}} = 5.210386$$

$$\text{ADVOL2}_{\text{LA}} = -5.973961\text{E+}1 + 5.468686\text{E-}1 * \text{BHD} - 6.514238\text{E-}1 * \text{D7} + 8.714437\text{E+}1 * \text{D7} ** 2 / \text{BHD} ** 2$$

Standardabweichung der Koeffizienten

$$(+ - 1.54\text{E-}1)$$

$$(+ - 1.99\text{E-}1)$$

$$(+ - 4.21\text{E+}1)$$

$$\text{Mittelwert} = ? \text{ dm}^3$$

$$\text{Standardabweichung von ADVOL2} = 45.6 \text{ dm}^3, \quad \text{R2} = 0.03,$$

Anzahl ausgewertete Bäume = 751, davon 22 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 9 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als  $0.1 \text{ m}^3$ .

Will man  $\text{ADVOL2} < 0$  verbieten, so ist  $\text{ADVOL2}$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Wegen der geringen Anzahl Bäume mit einem Volumen grösser als Null sind diese Volumenfunktionen nur wenig aussagekräftig.

### UEBRIGES NADELHOLZ

$$\text{ADVOL1}_{\text{UN}} = 9.145455$$

$$\text{ADVOL2}_{\text{UN}} = -1.265886 + 1.608240\text{E-}9 * \text{BHD} * \text{D7} ** 3$$

Standardabweichung der Koeffizienten

$$(+ - 1.78\text{E-}10)$$

$$\text{Mittelwert} = ? \text{ dm}^3$$

$$\text{Standardabweichung von ADVOL2} = 46.1 \text{ dm}^3, \quad \text{R2} = 0.11,$$

Anzahl ausgewertete Bäume = 660, davon 41 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 19 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als  $0.1 \text{ m}^3$ .

Will man  $\text{ADVOL2} < 0$  verbieten, so ist  $\text{ADVOL2}$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Wegen der geringen Anzahl Bäume mit einem Volumen grösser als Null sind diese Volumenfunktionen nur wenig aussagekräftig.

### NADELHOLZ GESAMT

$$\text{ADVOL}_{\text{NH}} = 8.212074\text{E+}1$$

Standardabweichung der Koeffizienten

-1.211836E-2	*BHD**2	(+- 1.58E-3)
-2.570949E-3	*SH **2	(+- 1.31E-3)
+5.660095E-5	*BHD**3	(+- 5.45E-6)
+3.109729E-5	*SH **3	(+- 4.61E-6)
+1.114998E-8	*BHD**4	(+- 3.57E-9)
-3.954431E+1	*SH / BHD	(+- 8.31E+0)
-1.849076E-2	*D7 **2	(+- 2.40E-3)
+2.557772E-2	*BHD*D7	(+- 3.67E-3)
+8.943034E-3	*D7 *SH	(+- 2.93E-3)
+2.231454E-5	*D7 **3	(+- 5.87E-6)
-9.595325E-5	*BHD**2*D7	(+- 9.95E-6)
+9.067989E-5	*D7 **2*SH	(+- 8.25E-6)
-1.085352E-4	*D7 *SH**2	(+- 1.27E-5)
-3.197139E-7	*D7 **4	(+- 2.93E-8)
+6.451041E-7	*BHD*D7**3	(+- 5.68E-8)
-1.169731E-7	*D7 **3*SH	(+- 1.17E-8)
-3.071323E-7	*BHD**2*D7**2	(+- 3.22E-8)
+8.722052E-8	*D7 **2*SH**2	(+- 1.15E-8)
-6.301065E+1	*D7 / SH	(+- 1.18E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ADVOL = 24.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.11,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 7222, davon 170 mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für  
 41 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

Will man ADVOL < 0 verbieten, so ist ADVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Wegen der geringen Anzahl Bäume mit einem Volumen grösser als Null ist diese Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz nur wenig aussagekräftig. Sie ist ausserdem auf dem Niveau 5% hochsignifikant von den drei einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Sie kann daher nicht für den Gebrauch empfohlen werden.

## VOLUMENFUNKTIONEN GESAMTDERBHOLZ FUER FICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Gesamtderbolzvolumen GDVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE172N, H8204H2, 23.05.1984, 1811, C.HOFFMANN, EAFV.

### FICHTE

GDVOL <sub>FIC</sub>		Standardabweichung der Koeffizienten
4.786667E+1		
+7.150254E-6	*BHD*SH**2	(+- 1.80E-6)
+7.657685E-8	*BHD**4	(+- 1.98E-8)
-3.415845E+1	*SH / BHD	(+- 8.67E+0)
-3.060708E-2	*D7 **2	(+- 2.77E-3)
+2.361280E-2	*BHD*D7	(+- 2.25E-3)
+7.116314E-5	*D7 **3	(+- 6.74E-6)
-4.943670E-5	*BHD**2*D7	(+- 4.46E-6)
+6.037586E-5	*D7 **2*SH	(+- 6.59E-6)
-5.313791E-7	*D7 **4	(+- 1.41E-7)
+9.297975E-7	*BHD*D7**3	(+- 3.01E-7)
+7.668594E-8	*D7 **3*SH	(+- 1.22E-8)
-5.383661E-7	*BHD**2*D7**2	(+- 1.82E-7)
-8.196923E-8	*D7 **2*SH**2	(+- 1.34E-8)
-1.851499E+2	*D7 / SH	(+- 2.99E+1)
+9.771732E+1	*D7 **2/BHD**2	(+- 1.79E+1)
+1.540088E+2	*D7 **2/SH **2	(+- 2.67E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 31.9 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.998,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 4360.

Will man GDVOL < 0 verbieten, so ist GDVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### TANNE

GDVOL <sub>TA</sub> =	2.503371E+2		Standardabweichung der Koeffizienten
	-4.377824E-3 *BHD**2	(+- 9.25E-4)	
	+6.703840E-3 *SH **2	(+- 1.26E-3)	
	-1.606006E-7 *SH **4	(+- 1.86E-8)	
	+2.940086E-7 *BHD*SH**3	(+- 2.39E-8)	
	-1.166372E-7 *BHD**2*SH**2	(+- 1.09E-8)	
	-2.251561E+2 *SH / BHD	(+- 6.12E+1)	
	-2.674172E-3 *D7 **2	(+- 1.15E-3)	
	+5.309418E-5 *BHD*D7**2	(+- 4.93E-6)	
	-3.490492E-8 *D7 **4	(+- 4.30E-9)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 95.1 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.995,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 812.

Will man GDVOL < 0 verbieten, so ist GDVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### FOEHRE

GDVOL <sub>FO</sub> =	-1.120462E+1		Standardabweichung der Koeffizienten
	+3.703802E-3 *BHD**2	(+- 2.30E-4)	
	-4.783320E-9 *BHD**4	(+- 8.74E-10)	
	+3.006628E-5 *D7 **2*SH	(+- 2.09E-6)	
	+3.261542E-8 *D7 **3*SH	(+- 5.30E-9)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 32.3 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.996,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 639.

Will man GDVOL < 0 verbieten, so ist GDVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAERCHE

GDVOL <sub>LA</sub> =	-1.230551E+2		Standardabweichung der Koeffizienten
	+1.192913E-2 *BHD**2	(+- 1.02E-3)	
	+4.941086E-8 *BHD**4	(+- 1.71E-8)	
	-1.977292E-8 *BHD**3*SH	(+- 1.90E-9)	
	-1.402011E-2 *BHD*D7	(+- 1.51E-3)	
	+5.778780E-5 *D7 **2*SH	(+- 1.95E-6)	
	-5.564438E-7 *D7 **4	(+- 1.57E-7)	
	+1.075518E-6 *BHD*D7**3	(+- 3.18E-7)	
	-5.749626E-7 *BHD**2*D7**2	(+- 1.80E-7)	
	+2.080347E+2 *D7**2/BHD**2	(+- 5.22E+1)	

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GDVOL = 70.4 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.996,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 751.

Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES NADELHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
$GDVOL_{UN} =$	4.030971	
	+3.460814E-3 *BHD**2	(+- 2.11E-4)
	+3.807395E-5 *D7 **2*SH	(+- 8.51E-7)
	-1.595031E-9 *D7 **4	(+- 7.15E-10)
	-4.045054E+1 *D7**2/SH**2	(+- 9.86E+0)
Mittelwert	= ? dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von $GDVOL$	= 48.7 dm <sup>3</sup> ,	R2 = 0.996,
Anzahl ausgewertete Bäume	= 660.	

Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### NADELHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
$GDVOL_{NH} =$	1.520179E+2	
	-3.184899E+0 *BHD	(+- 6.46E-1)
	-6.796682E+0 *SH	(+- 6.56E-1)
	+1.335210E-2 *SH **2	(+- 1.68E-3)
	+9.374005E-2 *BHD*SH	(+- 8.58E-3)
	+1.611104E-5 *BHD**3	(+- 1.96E-6)
	-3.464025E-4 *BHD*SH**2	(+- 3.03E-5)
	+4.456339E-7 *BHD*SH**3	(+- 3.51E-8)
	-2.605458E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 6.29E-9)
	+1.389349E+2 *SH / BHD	(+- 2.33E+1)
	-2.982836E-2 *D7 **2	(+- 3.16E-3)
	-2.331057E-2 *BHD*D7	(+- 3.62E-3)
	+2.898806E-4 *D7 **2*SH	(+- 1.82E-5)
	-2.701075E-5 *D7 *SH**2	(+- 9.13E-6)
	-2.171059E-7 *D7 **4	(+- 1.97E-8)
	+3.693215E-7 *BHD*D7**3	(+- 3.44E-8)
	-1.697317E-7 *BHD**2*D7**2	(+- 1.66E-8)
	-3.263564E-7 *D7 **2*SH**2	(+- 2.63E-8)
	+1.050876E+2 *D7 **2/BHD**2	(+- 2.34E+1)
	+2.819411E+2 *D7 **2/SH **2	(+- 4.08E+1)
Mittelwert	= ? dm <sup>3</sup>	
Standardabweichung von $GDVOL$	= 56.9 dm <sup>3</sup> ,	R2 = 0.996,
Anzahl ausgewertete Bäume	= 7222.	

Will man  $GDVOL < 0$  verbieten, so ist  $GDVOL$  nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz ergibt eine um 33% höhere Varianz als die fünf einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den fünf einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN REISIG FUER FICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT**

Eingabe: BHD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Schaftholzvolumen RSVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: Job XE175N, H82043E, 25.04.1984, 1245, C.HOFFMANN, EAFV.

## FICHTE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>FI</sub> =	-1.144974E-2	
	-6.767385E-9 *BHD**2*SH**2	(+- 3.54E-10)
	+2.477203E+1 *BHD / SH	(+- 4.30E+0)
	+9.433855E-6 *BHD*D7**2	(+- 2.48E-7)
	-1.030421E-8 *D7 **3*SH	(+- 8.22E-10)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 35.1 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.86,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 4360, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 99 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

## TANNE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>TA</sub> =	-7.824014E+1	
	+7.055969E-1 *BHD	(+- 1.30E-1)
	+8.263969E-6 *D7 **3	(+- 1.47E-6)
	+1.242647E-8 *D7 **3*SH	(+- 5.66E-9)
	-3.933244E-8 *D7 **2*SH**2	(+- 4.23E-9)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 111.8 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.89,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 812, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 62 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.2 m<sup>3</sup>.

Will man RSVOL < 0 verbieten, so ist RSVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen leichten positiven Bias, da 29 der geschätzten Volumina negativ waren.

## FOEHRE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>FO</sub> =	1.800273E+1	
	+4.610858E-6 *BHD**3	(+- 1.10E-6)
	-9.885132E-9 *BHD**4	(+- 2.05E-9)
	-7.854764E-6 *D7 **3	(+- 2.17E-6)
	+2.620064E-8 *D7 **4	(+- 5.22E-9)
	-5.144906E+1 *D7 / SH	(+- 1.90E+1)
	+8.070320E+1 *D7 **2/SH**2	(+- 1.46E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 26.2 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.76,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 583, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 2 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

## LAERCHE

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>LA</sub> =	1.899582E+2	
	+2.396792E-6 *D7 *SH**2	(+- 2.08E-7)
	-5.329310E+2 *D7 / SH	(+- 6.52E+1)
	+3.836019E+2 *D7**2/SH**2	(+- 3.19E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 61.1 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.69,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 613, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für 53 Bäume ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

## UEBRIGES NADELHOLZ

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>UN</sub> =	-2.192558	
	+1.820665E-3 *BHD**2	(+- 2.62E-4)
	-1.046889E-5 *BHD*SH**2	(+- 2.12E-6)
	+1.636960E-8 *SH **4	(+- 4.75E-9)
	+7.092034E-6 *D7 **3	(+- 1.14E-6)
	-1.335439E-8 *D7 **3*SH	(+- 3.03E-9)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 23.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.89,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 359, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0. Für einen Baum ist die Abweichung des geschätzten Volumens vom gemessenen grösser als 0.1 m<sup>3</sup>.

## NADELHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
RSVOL <sub>NH</sub> =	-3.634280E+1	
	-4.265158E-3 *BHD**2	(+- 3.35E-4)
	+1.649184E-5 *BHD**2*SH	(+- 1.54E-6)
	-1.290879E-8 *BHD**3*SH	(+- 1.31E-9)
	+6.299864E+1 *BHD / SH	(+- 8.02E+0)
	+2.079594E-5 *D7 **3	(+- 8.95E-7)
	-5.838650E-6 *D7 **2*SH	(+- 1.26E-6)
	-4.455620E-8 *D7 **3*SH	(+- 2.61E-9)
	+8.902413E-9 *BHD**2*D7**2	(+- 6.97E-10)
	+6.059603E+1 *D7 / SH	(+- 8.34E+0)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
Standardabweichung von RSVOL = 63.4 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.85,  
Anzahl ausgewertete Bäume = 6727, alle mit einem gemessenen Volumen grösser als 0.

Die Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz ergibt eine um 47% höhere Varianz als die fünf einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den fünf einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## VOLUMENFUNKTIONEN

### ASTDERBHOLZ+REISIG+GIPFELSTUECK FUER FICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT

Eingabe: HD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
Ausgabe: chaftholzvolumen ARVOL in dm<sup>3</sup>.  
Quelle: ob XE176N, H8204F6, 02.05.1984, 0904, C.HOFFMANN, EAFV.

## FICHTE

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>FI</sub> =	-4.677236E+1	
	+1.835056E+0 *BHD	(+- 1.88E-1)
	-1.189751E-2 *BHD**2	(+- 1.09E-3)
	+1.156122E-5 *BHD**3	(+- 2.49E-6)
	+4.846844E-5 *BHD**2*SH	(+- 8.03E-6)
	-3.275066E-5 *BHD*SH**2	(+- 4.89E-6)
	-8.418317E-9 *BHD**4	(+- 1.45E-9)
	+3.483180E-8 *SH **4	(+- 4.99E-9)
	-5.088033E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 6.88E-9)
	+2.385039E-3 *D7 **2	(+- 1.07E-4)
	-3.202734E+1 *D7 / BHD	(+- 6.32E+0)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ARVOL = 34.9 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.86,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 4360.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### TANNE

Standardabweichung der Koeffizienten

ARVOL<sub>TA</sub> = -7.130558E+1  
 +6.958894E-1 \*BHD (+- 1.21E-1)  
 +8.100556E-6 \*D7 \*\*3 (+- 1.28E-6)  
 +5.574244E-9 \*D7 \*\*4 (+- 1.61E-9)  
 -3.185632E-8 \*D7 \*\*2\*SH\*\*2 (+- 1.75E-9)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ARVOL = 111.2 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.90,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 812.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### FOEHRE

Standardabweichung der Koeffizienten

ARVOL<sub>FO</sub> = 1.453024E+1  
 -7.481616E-4 \*BHD\*D7 (+- 1.65E-4)  
 +4.633955E-6 \*D7 \*\*3 (+- 5.11E-7)  
 +5.343727E+1 \*D7 \*\*2/SH\*\*2 (+- 8.10E+0)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ARVOL = 33.0 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.70,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 583.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAERCHE

Standardabweichung der Koeffizienten

ARVOL<sub>LA</sub> = 2.413849E+2  
 +1.339948E-3 \*BHD\*D7 (+- 1.90E-4)  
 -1.602160E-9 \*BHD\*\*2\*D7\*\*2 (+- 4.78E-10)  
 -6.179516E+2 \*D7 / SH (+- 1.07E+2)  
 +3.682893E+2 \*D7 \*\*2/SH\*\*2 (+- 5.08E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ARVOL = 79.3 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.59,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 613.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES NADELHOLZ

Standardabweichung der Koeffizienten

ARVOL<sub>UN</sub> = 7.117382E-1  
 +8.526330E-4 \*BHD\*\*2 (+- 1.95E-4)  
 +7.709119E-6 \*D7 \*\*3 (+- 9.01E-7)  
 -2.341050E-8 \*D7 \*\*2\*SH\*\*2 (+- 2.41E-9)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>

Standardabweichung von ARVOL = 46.1 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.75,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 359.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### NADELHOLZ GESAMT

		Standardabweichung der Koeffizienten
ARVOL <sub>NH</sub> =	6.882768E+1	
	-1.007608E+0 *BHD	(+- 4.80E-1)
	+8.941264E-3 *BHD**2	(+- 1.74E-3)
	-7.575053E-5 *BHD*SH	(+- 3.42E-3)
	+2.081887E-5 *SH **3	(+- 3.82E-6)
	+4.418481E-5 *BHD**2*SH	(+- 6.27E-6)
	+2.236625E-8 *SH **4	(+- 8.92E-9)
	-3.950845E-8 *BHD**3*SH	(+- 3.95E-9)
	+6.231292E+0 *D7	(+- 9.78E-1)
	-3.476234E-2 *BHD*D7	(+- 3.63E-3)
	+1.397557E-4 *D7 **2*SH	(+- 1.10E-5)
	-1.023631E-4 *D7 *SH**2	(+- 9.12E-6)
	+4.643077E-8 *BHD*D7**3	(+- 1.99E-9)
	-1.411030E-7 *D7 **3*SH	(+- 7.66E-9)
	-2.508090E+2 *D7 / SH	(+- 4.20E+1)
	-2.150930E+2 *D7 **2/BHD**2	(+- 4.74E+1)
	+1.661052E+2 *D7 **2/ SH**2	(+- 3.54E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von ARVOL = 64.6 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.85,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 6727.

Will man ARVOL < 0 verbieten, so ist ARVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

Die Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz ergibt eine um 36% höhere Varianz als die fünf einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den fünf einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.

## **VOLUMENFUNKTIONEN GESAMTMASSE OBERIRDISCH FUER FICHTE, TANNE, FOEHRE, LAERCHE UND NADELHOLZ GESAMT**

Eingabe: HD in mm, D7 in mm, Scheitelhoehe SH in dm.  
 Ausgabe: Schaftholzvolumen GMVOL in dm<sup>3</sup>.  
 Quelle: ob XE177N, H8204AC, 24.04.1984, 1538, C.HOFFMANN, EAFV.

### FICHTE

		Standardabweichung der Koeffizienten
GMVOL <sub>FI</sub> =	7.169125E+1	
	+1.254335E-5 *BHD**2*SH	(+- 1.61E-6)
	+1.638112E-5 *BHD*SH**2	(+- 6.23E-7)
	+8.223465E-9 *BHD**4	(+- 6.02E-10)
	-5.959721E-8 *BHD**2*SH**2	(+- 4.27E-9)
	-4.934262E+1 *SH / BHD	(+- 6.07E+0)
	+2.927070E-5 *D7 **3	(+- 1.65E-6)
	-7.666448E-8 *D7 **4	(+- 2.73E-9)
	+1.083296E-7 *D7 **3*SH	(+- 6.40E-9)
	+4.103798E+1 *D7 / SH	(+- 5.98E+0)



Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 48.5 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.996,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 4360.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### TANNE

GMVOL <sub>TA</sub> =	6.923624		Standardabweichung der Koeffizienten
	-7.515743E-9	*BHD**4	(+- 1.06E-9)
	+3.712843E-8	*SH **4	(+- 1.74E-9)
	+6.048671E-3	*BHD*D7	(+- 6.00E-4)
	-8.445076E-6	*D7 **3	(+- 4.23E-6)
	+3.233076E-5	*BHD*D7**2	(+- 5.38E-6)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 131.8 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.994,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 812.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### FOEHRE

GMVOL <sub>FO</sub> =	-9.948362		Standardabweichung der Koeffizienten
	-1.037519E-3	*SH **2	(+- 2.73E-4)
	+4.873294E+1	*BHD / SH	(+- 1.89E+1)
	+4.360716E-3	*BHD*D7	(+- 4.25E-4)
	+4.223936E-5	*D7 **2*SH	(+- 1.75E-6)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 47.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.993,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 583.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### LAERCHE

GMVOL <sub>LA</sub> =	-4.494154E+1		Standardabweichung der Koeffizienten
	+4.794260E-3	*BHD*SH	(+- 7.13E-4)
	+9.018423E-5	*BHD**3	(+- 1.35E-5)
	-4.637229E-8	*BHD**4	(+- 8.57E-9)
	+1.019904E-4	*D7 **3	(+- 1.62E-5)
	-1.605687E-4	*BHD**2*D7	(+- 2.71E-5)
	+1.788073E-5	*D7 **2*SH	(+- 2.63E-6)
	-1.038398E-7	*D7 **4	(+- 2.77E-8)
	+1.251828E-7	*BHD**2*D7**2	(+- 3.13E-8)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 84.5 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.995,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 613.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### UEBRIGES NADELHOLZ

GMVOL <sub>UN</sub> =	-2.898156		Standardabweichung der Koeffizienten
-----------------------	-----------	--	--------------------------------------

+3.945604E-3	*BHD**2	(+- 2.28E-4)
-1.435897E-8	*BHD*SH**3	(+- 2.67E-9)
+4.311161E-5	*D7 **2*SH	(+- 1.54E-6)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 48.0 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.995,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 359.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

### NADELHOLZ GESAMT

GMVOL <sub>NH</sub> =		Standardabweichung der Koeffizienten
1.237912E+2		
-2.877204E+0	*SH	(+- 2.80E-1)
+1.504513E-4	*BHD**3	(+- 1.33E-5)
+2.811397E-5	*BHD**2*SH	(+- 6.05E-6)
-3.477273E-8	*BHD**4	(+- 3.45E-9)
+1.911616E-8	*SH**4	(+- 3.81E-9)
-3.536552E-8	*BHD**2*SH**2	(+- 9.07E-9)
+1.517761E+2	*SH / BHD	(+- 3.55E+1)
-1.119439E+2	*BHD / SH	(+- 3.56E+1)
+8.558038E+0	*D7	(+- 8.07E-1)
-3.825416E-2	*D7 **2	(+- 3.38E-3)
+4.035829E-4	*BHD*D7**2	(+- 3.12E-5)
-4.608763E-4	*BHD**2*D7	(+- 3.91E-5)
+5.539701E-5	*D7 **2*SH	(+- 8.36E-6)
-3.265866E-7	*D7 **4	(+- 3.21E-8)
+3.176394E-7	*BHD*D7**3	(+- 2.98E-8)
-1.016438E-7	*D7 **3*SH	(+- 1.27E-8)
-4.099567E+2	*D7 / BHD	(+- 5.40E+1)

Mittelwert = ? dm<sup>3</sup>  
 Standardabweichung von GMVOL = 82.7 dm<sup>3</sup>, R2 = 0.994,  
 Anzahl ausgewertete Bäume = 6727.

Will man GMVOL < 0 verbieten, so ist GMVOL nicht mehr erwartungstreu und hat einen positiven Bias!

**Die Volumenfunktion für das gesamte Nadelholz ergibt eine um 49% höhere Varianz als die fünf einzelnen Volumenfunktionen zusammen. Sie ist auf dem Niveau 5% signifikant von den fünf einzelnen Volumenfunktionen verschieden. Es ist daher zu empfehlen, die Einzelfunktionen zu benutzen.**

### LITERATUR

- ARC 1: Formulare 'B' der sektionsweise vermessenen Aushiebe, EAFV, ab 1889.
- CRU 1: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBDHL, Computerlauf MULT, H82006J, vom 05.10.78, 30.Schritt der Regression.
- CRU 2: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBHLK für BHD < 25 cm, Computerlauf MULT, H8200DY, vom 06.10.78, 11.Schritt der Regression.
- CRU 3: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBDHN, Computerlauf MULT, H82008H, vom 05.10.78, 32.Schritt der Regression.
- CRU 4: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBHNK für BHD < 25 cm, Computerlauf MULT, H82006Q, vom 06.10.78, 8.Schritt der Regression.
- CRU 5: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBDHFI, Computerlauf MULT, H8200YW, vom 27.11.78, 20.Schritt der Regression.
- CRU 6: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBHFI, Computerlauf MULT, H8200AN, vom 27.11.78, 5.Schritt der Regression.

- CRU 7: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBDHBU, Computerlauf MULT, H8200JA, vom 27.11.78, 26.Schritt der Regression.
- CRU 8: CRUCHON,D.,1978, Volumenfunktion VBHBU, Computerlauf MULT, H8200E7, vom 27.11.78, 22.Schritt der Regression.
- CRU 9: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für den Gesamtwald, für BHD < 25 cm, Computerlauf MULT, H82062E, vom 12.11.79, 22.Schritt (?) der Regression.
- CRU10: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für Laubholz, für BHD < 25 cm, Computerlauf MULT, H8206AC, vom 06.11.79, 30.Schritt (?) der Regression.
- CRU11: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für Nadelholz, für BHD < 25 cm, Computerlauf MULT, H8206P7, vom 06.11.79, 46.Schritt (?) der Regression.
- CRU12: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für Laubholz, Computerlauf MULT, H820627, vom 05.11.79, 102.Schritt (?) der Regression.
- CRU13: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für Nadelholz, Computerlauf MULT, H8206BV, vom 26.10.79, 98.Schritt (?) der Regression.
- CRU14: CRUCHON,D.,1979, Volumenfunktion für den Gesamtwald, Computerlauf MULT, H8206PU, vom 26.10.79, 98.Schritt (?) der Regression.
- DTX 1: C.HOFFMANN,1984, Datendictionnaire für die Waldmesskunde, Computerlisting.
- HOF 1: C.HOFFMANN,1983, KOVA, Kovarianzanalyse, Anwendungsbeschreibung, EAFV
- MBU 1: Datei MBUCH, codierte Daten auf Magnetband, im Format MBUCHC01, in (DTX 1).
- SCH 1: SCHMID-HAAS,P., P.ROIKO-JOKELA, P.MINGARD, M.ZOBEIRY, 1971, The optimal determination of the volume of standing trees, Mitt.d.forstl.Bundes-Vers.anst. Wien, 91, p.33-54

## ANHANG

### A1. Ausgangsmaterial

- 1.1 Formulare der sektionsweisen Vermessungen von Schaffholz, Astderbholz und Reisig (ARC 1).
- 1.2 Konzentrat der sektionsweisen Vermessungen etc. MBUCH (MBU 1). Diese Datei bezeichnen wir als Datei MI.

### A2. Arbeitsablauf

Dieser Abschnitt gibt den bereinigten Ablauf wieder. Da das tatsächliche Vorgehen etwas anders war, müsste man die zitierten Computerprogramme zum Teil leicht abändern, um den bereinigten Ablauf nachzuvollziehen.

- 2.1 Erfassung der Daten von 1.1 -> Dateien A1 für das Astderbholz und R1 für das Reisig gemäss Format ASTDERB bzw. REISIG in (DTX 1).
- 2.2 Sortieren nach den Variablen FV, FN, AJ, BA, BNR, BHD, SH, TFL (vgl. A3) -> A2, R2. (Programm XE16AR, H82041W, 28.03.1983, Ergebnis in XE18S2, H8204Q4, 07.02.1984)
- 2.3 Astderbholzvolumen aus den Sektionen berechnen -> A3 (Programm XE16V, H8204H9, 29.03.1983)
- 2.4 Astderbholz und Reisig zusammenbringen, Plausibilitätskontrollen -> AR1 mit dem Format ASTREIS (DTX 1) (Programm XE16W, H8204SX, 31.03.1983)
- 2.5 Plausibilitäten prüfen, korrigieren -> AR2
- 2.6 Sichern von AR2 auf EV1022, 7.File (Programm DPASTR, H8204TD, 07.02.1984)
- 2.7 Gipfelstück als Kegel berechnen und anstelle des Derbholzvolumens einsetzen -> M2 mit dem Format MBUCHC02 (DTX 1) (Programm XE16G1, H8208M9, 03.02.1983)

2.8 Sortieren von M2 nach FV, FN, AJ, BA, BNR, BHD, D7, SH, TFL -> M3 (Programm XE18S1, H8204M3, 07.02.1984)

2.9 Sichern von M3 auf EV1187, 2.File (Programm DEPMB, H8204BN, 15.02.84)

2.10 Den D7, Schaftholz, etc. von M3 und die Daten von AR2 zusammenbringen -> Datei SGAR mit dem Format SGAR (DTX 1). (Programm XE181, H820695, 13.02.1984)

2.11 Sichern von SGAR auf EV1022, 9.File (Programm DPASTR, H82045U, 15.02.1984)(?)

2.12 Auswertungen, Datenkontrolle anhand der Ergebnisse, nötigenfalls Datenkorrektur und Wiederholung. Bei den Datenkontrollen werden die Baumrecords identifiziert durch FV, FN, AJ und BNR (3 + 2 + 2 + 3 Stellen)

- Schaftholz, XE171L, H82044K, 23.03.1984; XE171N, H8204YM, 04.04.1984
- Astderbholz, XE173L, H8204HV, 21.03.1984; XE173N, H820443, 05.04.1984. Kontrolle: XE173, H82041R, 06.03.1984; XE173N, H8204AJ, 16.04.1984
- Gesamtderbholz, XE172L, H8204GZ, 23.05.1984; XE172N, H8204H2, 23.05.1984
- Reisig, XE175L-, H820429, 25.04.1984; XE175N-, H82043E, 25.04.1984.
- Datenkontrolle: (mit Volumina = 0)
- XE175L, H8204GC, 18.04.1984; XE175N, H8204Z2, 17.04.1984; (ohne Volumina = 0)
- XE175L, H8204M5, 24.04.1984; XE175L, H820468, 24.04.1984
- Astderbholz+Reisig+Gipfelstück, XE176L-, H82045W, 25.04.1984; XE176N-, H820473, 10.03.1984
- Gesamtmasse oberirdisch, XE177L-, H82049I, 24.04.1984; XE177N-, H8204AC, 24.04.1984

Anmerkung: "-" bedeutet, dass nur diejenigen Bäume verwendet wurden, für die das Reisigvolumen grösser als Null war.

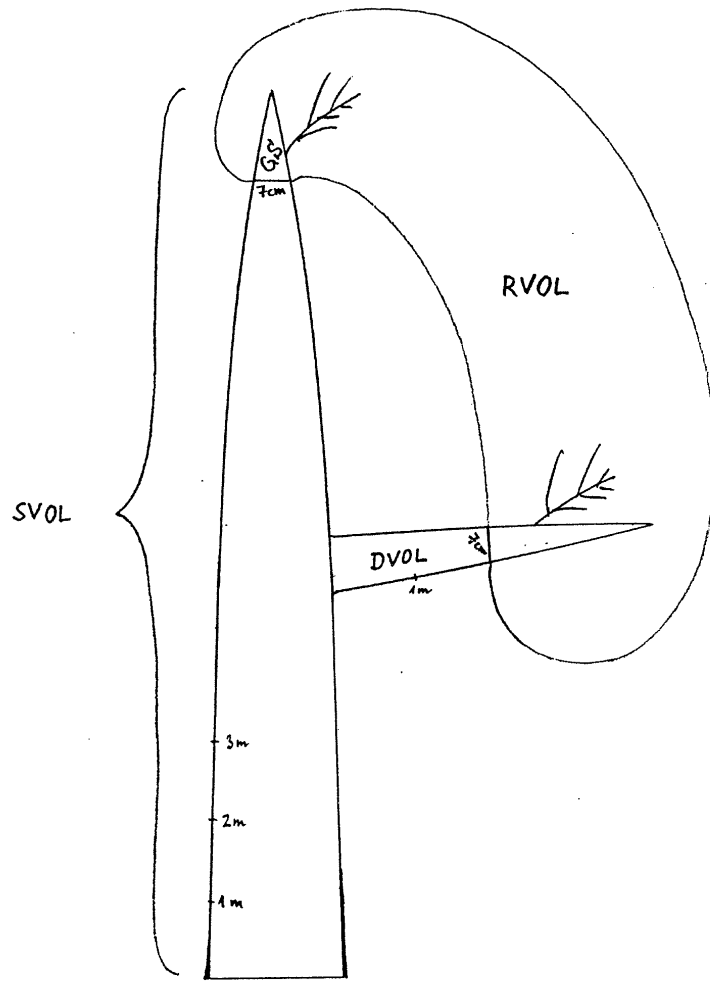
### A3. Dateibeschreibung SGAR

Die vollständige Dateibeschreibung befindet sich auf der Datei DTDXH^ (HP1000) unter dem Kennwort SGAR.

Feldnummer	Begriff	Einheit	Start-	Länge	Typ
	Abk.		kolonne		
1	Flächenvorzahl	FV	1	2	I
2	Flächennummer	FN	3	3	I
3	Teilflächennummer	TFL	6	3	I
4	Gebiet	GE	9	2	I
5	Aufnahmejahr	AJ	11	4	I
6	Alter	ALT	15	3	I
7	Baumart	BA	18	2	I
8	Baumnummer	BNR	20	4	I
9	BHD	BHD mm	24	4	I
10	D7	D7 mm	28	4	I
11	Höhe	SH dm	32	3	I
12	Schaftholzvolumen	SVOL dm <sup>3</sup>	35	6	I
13	Gipfelstückvol.	GS 0.1dm <sup>3</sup>	41	6	I
14	Astderbholzvol.	DVOL dm <sup>3</sup>	47	6	I
15	Reisigvolumen	RVOL 0.1dm <sup>3</sup>	53	6	I
16	Soziol.Stellung	SOZ	59	1	I
17	Zuordnung	LD7	60	1	L

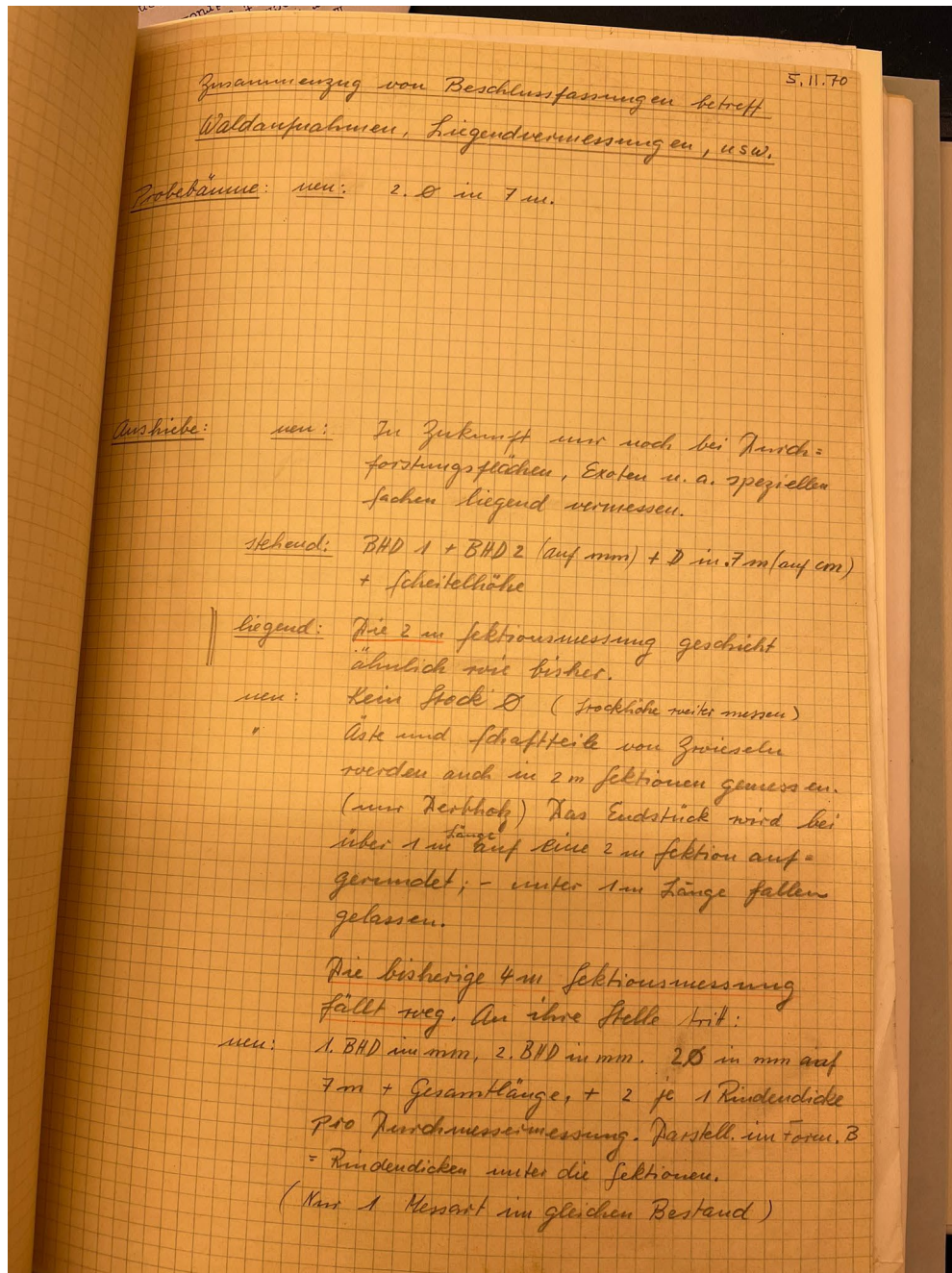
(Vgl. DTX 1) Die Zuordnung LD7 ist T = true, wenn auf M3 und auf AR3 derselbe Baum gefunden wurde. Es ist F = false gesetzt, wenn auf M3 kein Baum gefunden wurde, der zu AR2 passt; für diesen Baum wurden die Daten von AR3 durch D7 = 0 und SVOL = 0 ergänzt.

Figur 1, Bedeutung der Volumina





## Appendix VI – Modifications of measurements starting in the 1970s



**Figure A6.1.** Decisions from 5.11.1970 relevant to measurement of the stems after the harvest ('liedend') of to i) not further measure the top diameter of stumps, and ii) not round the length of the last section of the stemwood where the diameter is equal to or greater than 7 cm if less than 2 meters to 2 m if the length is > 1 m or to ignore it.