

Von der periodischen Inventur zur Dauerinventur: Veränderungsauswertungen im LFI

Adrian Lanz

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Schweizerischer Forstverein | Jahrestagung der Arbeitsgruppe
Waldplanung und -management | 17. November 2011 | WSL | Birmensdorf

LFI-Stichprobe

- Stichprobennetze und Zugänglichkeit
- Totale, Hektardichten und Waldfläche
- Zusammenfassung

Schätzung von Veränderungen

- Veränderungen auf Plotebene
- Veränderungen auf Baumebene
- Schlussfolgerungen
- Ausserdem

Terrestrische Stichprobennetze...

...und nicht zugängliche Waldprobeflächen

Stichprobennetze

- ▶ SP_{23} gemeinsames Netz LFI2 und LFI3: 1,414 km × 1,414 km
- ▶ $SP_2 \setminus SP_{23}$ unabhängiges Zusatznetz LFI2: 4 km × 4 km
- ▶ $SP_3 \setminus SP_{23}$ unabhängiges Zusatznetz LFI3: 4 km × 4 km

Nicht zugängliche Waldprobeflächen

- ▶ keine fehlenden Werte für den Wald-/Nichtwaldentscheid (Imputation aus Luftbildern und/oder Landeskarten)
- ▶ nicht zugängliche Probeflächen haben keine terrestrischen Daten (insbesondere keine Baumdaten)
- ▶ Baumressourcen werden im zugänglichen Wald geschätzt

Wald- und Nichtwaldprobeflächen im LFI2 und LFI3

Tabelle: Anzahl Probepunkte (n) im Nichtwald und Gebüschwald (NW), im Wald ohne Gebüschwald (W), im zugänglichen Wald (ZW) und im gemeinsamen zugänglichen Wald (ZW_{23}) in den Inventuren LFI2 und LFI3.

Netz	Inventur	n	NW	W	ZW	ZW_{23}
SP_2	LFI2	23223	16614	6609	6412	–
SP_3	LFI3	23212	16374	6838	6608	–
SP_{23}	LFI2	20638	14777	5861	5679	5581
SP_{23}	LFI3	20638	14518	6120	5920	5581
$SP_2 \setminus SP_{23}$	LFI2	2585	1837	748	733	–
$SP_3 \setminus SP_{23}$	LFI3	2574	1856	718	688	–

- ▶ Zustände werden in der Regel auf dem Gesamtnetz der jeweiligen Inventur geschätzt (SP_2 und SP_3) – weil sie am Genauesten sind
- ▶ Veränderungen werden in der Regel im gemeinsamen Netz geschätzt (SP_{23}) – weil es sonst kompliziert wird

(Nicht-)Kompatibilität von Totalen, Waldfläche und Hektardichten

Notation

- ▶ \hat{T} ist das Zeichen für ein geschätztes Total, \hat{Y} für eine geschätzte mittlere Hektardichte und $\hat{\lambda}$ für eine geschätzte Fläche
- ▶ tiefgestellte Indizes bezeichnen das Gebiet für welches die Schätzung gilt und die für die Schätzung verwendete Stichprobe
- ▶ $\hat{T}_{ZW_3}^{SP_3}$ ist also das auf dem Gesamtnetz LFI3 (SP_3) geschätzte Total (einer beliebigen Zielgrösse) im zugänglichen Wald LFI3 (ZW_3)

Totale gelten für den zugänglichen Wald

$$\hat{T}_{ZW_3}^{SP_3} = \hat{Y}_{ZW_3}^{SP_3} \hat{\lambda}_{ZW_3}^{SP_3} \neq \hat{Y}_{ZW_3}^{SP_3} \hat{\lambda}_{W_3}^{SP_3} \stackrel{?}{\approx} T_{W_3}^{SP_3}$$

- ▶ In der internationalen Berichterstattung wurde der Vorrat im Schweizer Wald auch schon mit der Formel auf der rechten Seite der Gleichung berechnet.

Volumen der lebenden, stehenden Bäume im LFI2 und LFI3

Tabelle: Schätzung (est) und Standardfehler (err) von Volumen (Hektardichte in m^3/ha , Total in Mio. m^3) und Waldfläche (in km^2) im LFI2 und LFI3 auf den verschiedenen Netzen (einphasig, nicht-stratifiziert). Standardmässig werden im LFI die Werte an den Kreuzungspunkten der fett unterlegten Spalten- und Zeilenbeschriftungen angegeben.

Netz	Inventur		$\hat{\lambda}_W$	$\hat{\lambda}_{ZW}$	\hat{Y}_{ZW}	\hat{T}_W	\hat{T}_{ZW}
<i>SP</i>₃	LFI3	est	12160	11751	345,1	419,7	405,6
		err	124	122	3,4	–	5,8
<i>SP</i> ₂₃	LFI3	est	12241	11841	346,4	424,0	410,2
		err	131	130	3,6	–	6,2
<i>SP</i> ₃ \ <i>SP</i> ₂₃	LFI3	est	11515	11033	334,0	384,6	368,5
		err	365	360	9,8	–	16,2
<i>SP</i>₂	LFI2	est	11748	11397	348,9	409,9	397,7
		err	122	121	3,3	–	5,6
<i>SP</i> ₂₃	LFI2	est	11723	11359	348,4	408,5	395,8
		err	130	128	3,5	–	6,0
<i>SP</i> ₂ \ <i>SP</i> ₂₃	LFI2	est	11945	11705	352,9	421,5	413,0
		err	368	366	9,7	–	17,2

Zusammenfassend zur LFI Datenlage

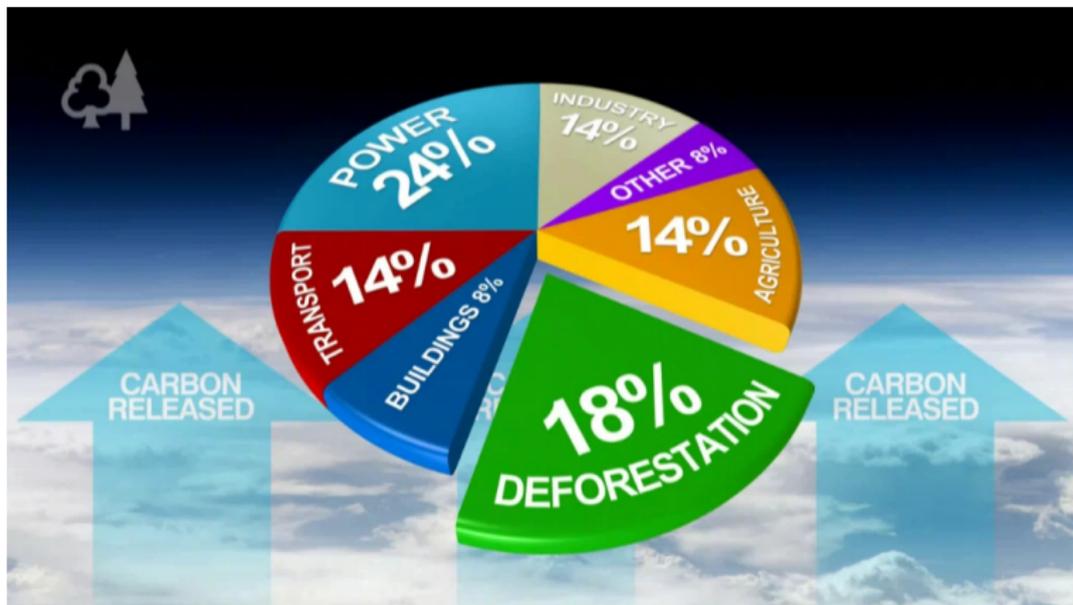
LFI-Stichprobe

- ▶ LFI-Stichprobe ist nur in Teilen eine permanente Stichprobe
- ▶ Grundnetz mit rund 20'000 Plots (um die 6'500 Waldprobeflächen) ist in allen LFI-Inventuren vorhanden (Veränderungsauswertungen)
- ▶ Zustandsauswertungen in der jeweils grösstmöglichen Stichprobe

Zugänglicher Wald

- ▶ Holzressourcen (und andere Zielgrössen) werden im LFI für den zugänglichen Wald angegeben
- ▶ der zugängliche Wald ist nicht (unbedingt) gleichbedeutend mit dem für die Holznutzung verfügbaren Wald
- ▶ nicht-zugänglicher Wald ist Inventur-technisch bedingt
- ▶ auf die Modellierung dieser fehlenden Werte wird verzichtet, weil die Grundlagen fehlen
- ▶ Hektardichten und Totale nicht kompatibel mit Waldfläche

Veränderungen



Veränderungen auf Plotebene

$$\hat{Y}_2 - \hat{Y}_1 = \frac{\sum_{j \in s} y_{2.j}}{n_s} - \frac{\sum_{j \in s} y_{1.j}}{n_s} \quad (1)$$

$$= \frac{\sum_{j \in s} (y_{2.j} - y_{1.j})}{n_s} \quad (2)$$

$$= \frac{\sum_{j \in s} \delta_{12.j}}{n_s} \quad (3)$$

$$\hat{Y}_{D.2} - \hat{Y}_{D.1} = \frac{\sum_{j \in s} \delta_{12.j} I_{D.j}}{\sum_{j \in s} I_{D.j}} \quad (4)$$

1. bei temporären (unabhängigen) Stichproben
2. bei permanenten (verbunden) Stichproben
3. Schätzung wie bei Zustandsauswertungen
4. für beliebige Domains

Veränderungen im LFI

- ▶ werden im gemeinsamen Netz geschätzt
- ▶ sind damit nicht kompatibel mit den Zustandsschätzungen auf den jeweiligen Netzen
- ▶ werden für das gemeinsam zugängliche Waldareal ausgewiesen
- ▶ sind damit nicht kompatibel mit den Zustandsschätzungen auf den jeweiligen zugänglichen Waldarealen

Komponenten der Differenz zwischen zwei Zuständen

$$\hat{T}_{ZW_3}^{SP_3} - \hat{T}_{ZW_2}^{SP_2} =$$

Veränderung auf dem gemeinsam zugänglichen Waldareal

$$+ \hat{T}_{ZW_3 \wedge ZW_{23}}^{SP_{23}} - \hat{T}_{ZW_2 \wedge ZW_{23}}^{SP_{23}}$$

Veränderung wegen Änderung der Waldfläche

$$+ \hat{T}_{ZW_3 \wedge NW_2 \setminus ZW_{23}}^{SP_{23}} - \hat{T}_{ZW_2 \wedge NW_3 \setminus ZW_{23}}^{SP_{23}}$$

Veränderung wegen Änderung der Zugänglichkeit

$$+ \hat{T}_{ZW_3 \wedge W_2 \setminus ZW_{23}}^{SP_{23}} - \hat{T}_{ZW_2 \wedge W_3 \setminus ZW_{23}}^{SP_{23}}$$

Veränderung wegen Zusatznetzen

$$+ (\hat{T}_{ZW_3}^{SP_3} - \hat{T}_{ZW_3}^{SP_{23}}) - (\hat{T}_{ZW_2}^{SP_2} - \hat{T}_{ZW_2}^{SP_{23}})$$

Differenz am Beispiel des Volumens der lebenden, stehenden Bäume im LFI2 und LFI3

Tabelle: Komponenten der Veränderung auf Plotebene (Volumen in Mio. m³). Auswertung gegenüber LFI stark vereinfacht (hier: einphasig, nicht stratifiziert).

	LFI2	LFI3	LFI3 - LFI2	%	
Gemeinsam zugänglicher Wald	390,4	404,6	14,2	55,0	
Änderung Waldfläche	3,6	8,5	4,9	19,1	
Änderung Zugänglichkeit	0,9	0,7	-0,2	0,7	
Änderung Netze	1,4	-5,1	-6,5	25,2	
Summe (Differenz der beiden Zustände)	396,2	408,7	25,8	12,5	100

- ▶ Standardauswertungen LFI weisen die Veränderungen im gemeinsam zugänglichen Wald aus

Kommentare

- ▶ Veränderungen sind in der Regel nicht kompatibel (additiv) mit den Zuständen
- ▶ wegen Waldflächenveränderungen, unterschiedlichen Netzen, Zugang zu den Probeflächen
- ▶ Veränderungskomponenten auf Ploteben werden im LFI (noch) nicht ausgewiesen (unübersichtliche Tabellen)
- ▶ Komponenten können bei Bedarf alle (mit Fehlerangabe) geschätzt werden
- ▶ Online-Tabellen bieten mehr: z.B. Differenzen, Veränderungen für das gemeinsam zugängliche Waldareal LF1, LFI2, LFI3
- ▶ Veränderungen von Hektardichten machen nur Sinn, wenn die Bezugsfläche nicht ändert (deshalb gemeinsam zugänglicher Wald)
- ▶ Analyse der Veränderung im “Immerwald” (im gemeinsam zugänglichen Wald) ist für viele Fragestellungen sinnvoll

Veränderungen auf Baumebene

$$y_2(x) - y_1(x) = \left(\sum_{i \in s_2(x)} X_{2,i} f_{2,i} \right) - \left(\sum_{i \in s_1(x)} X_{1,i} f_{1,i} \right) \quad (5)$$

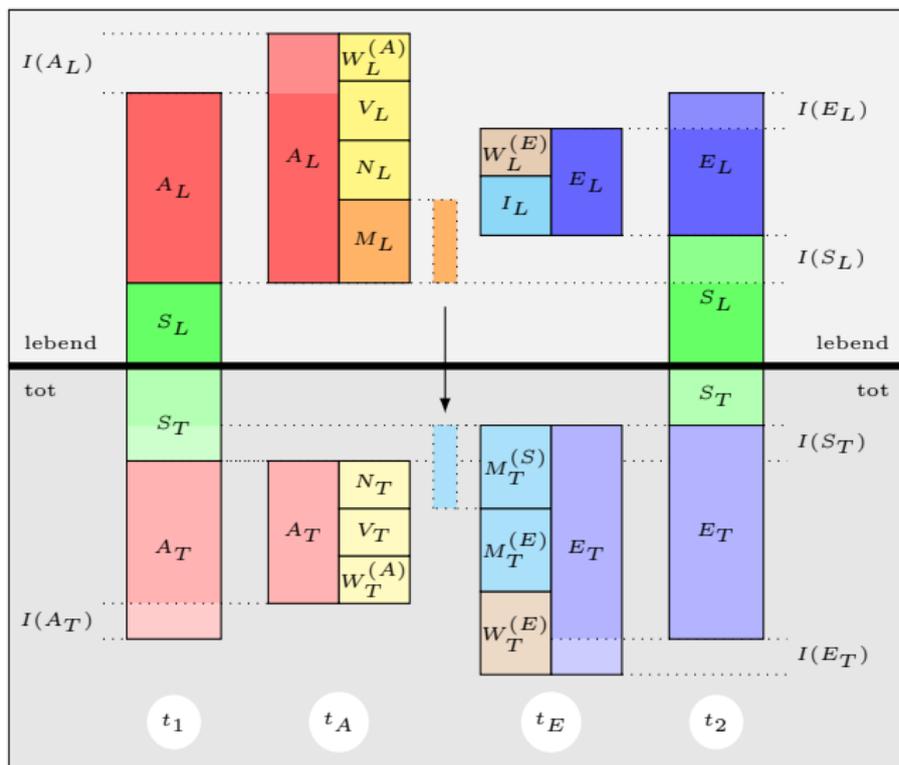
$$= \sum_{i \in s_{12}(x)} ((X_{2,i} f_{2,i}) - (X_{1,i} f_{1,i})) \quad (6)$$

$$= \sum_{i \in s_{12}(x)} (X_{2,i} - X_{1,i}) f_i \quad (7)$$

$$= \sum_{i \in s_{12}(x)} \Delta_{12,i} I_{P,i} f_i \quad (8)$$

5. Plotebene: ohne Einzelbaum-Verfolgung
6. Baumebene: bedingt Re-Identifizierung der Einzelbäume; summiert wird über alle Bäume an beiden Zeitpunkten $s_{12}(x) = s_1(x) \cup s_2(x)$
7. nur zulässig, falls Hochrechnungsfaktor nicht ändert ($f_{1,i} = f_{2,i}$)
8. für beliebige Sub-Populationen (Baumarten, Durchmesserklassen)

Veränderungskomponenten in der Baumpopulation



Veränderungen auf Probeflächen erfassen

- ▶ Mit permanenten Probeflächen kann die Entwicklung jedes einzelnen Baumes zwischen den beiden Inventurzeitpunkten verfolgt werden
- ▶ besonders einfach sind stehende (lebende und tote) Bäume, weil sich diese nicht in oder aus der Probefläche bewegen können (Ausnahmen sind Winkelzählproben, konzentrische Kreisproben, und sich neigende Bäume)
- ▶ die Probebäume müssen auf Grund ihres Status an den beiden Inventurzeitpunkten bestimmten “Teilmengen der Gesamtpopulation” zugeordnet werden (Survivor, Abgang, Einwuchs, etc.)
- ▶ in Einzelfällen ist es aus statistischer Sicht wichtig, dass zwischen Überleben, Einwuchs oder Abgang in der Population einerseits, und in der Stichprobe andererseits unterschieden wird

In der Stichprobe “überlebende” Bäume

- ▶ in der Stichprobe der überlebenden Bäume, welche an beiden Zeitpunkten leben (S_L)
- ▶ in der Stichprobe überlebenden Bäume, welche an beiden Zeitpunkten tot sind (S_T)
- ▶ in der Stichprobe überlebende Bäume, welche zum Zeitpunkt der Erstinventur leben und zum Zeitpunkt der Zweitinventur tot sind, d.h die Mortalität ($M_L, M_T^{(S)}$)
- ▶ diese Definition der Mortalität entspricht nicht derjenigen im aktuellen LFI

In die Stichprobe “einwachsende” Bäume

- ▶ Waldflächenzunahme
- ▶ Zuordnung zur Erstinventur nicht möglich (Probezentrum nicht gefunden, Re-Identifizierung nicht möglich, etc.)
- ▶ nongrowth (Einwuchs in die Stichprobe im grossen Kreis), Transport von liegenden und toten Bäumen
- ▶ Einwuchs in die Population, d.h. der Baum hat zwischen der Erst- und Zweitinventur die Kluppschwelle überschritten

Aus der Stichprobe “auswachsende” Bäume

- ▶ Waldflächenabnahme
- ▶ Zuordnung zu Baum in der Zweitinventur nicht möglich (Probezentrum nicht gefunden, Fehler bei der Identifizierung, etc.)
- ▶ Baum verbleibt in der Population aber wurde aus der Probefläche transportiert, etwa durch Windwurf oder Bewegung von liegenden, toten Bäumen
- ▶ Baum wurde genutzt oder ist vor Ort zerfallen oder zerstört worden (ist nicht mehr in der Population)

Mortalität, Abgänge und Nutzungen

- ▶ teilweise schwierig zu beurteilen, weil unterschieden werden muss, ob ein Baum nur die Stichprobe verlassen aber in der Population (im Wald) verblieben ist, oder ob er tatsächlich nicht mehr im Wald ist
- ▶ im LFI4 wurde dazu das Feldprotokoll erweitert
- ▶ Ziel: Veränderungen und Flüsse von Volumen und Biomasse bis zur Derbholzschwelle (7 cm) im liegenden und toten Holz, stehend und liegend, abschätzen können

Schlussfolgerungen

- ▶ für die Kontrolle der Auswertungen ist es wichtig, dass alle Komponenten der Veränderung analysiert werden
- ▶ auf Plot- und Bauebene
- ▶ Bilanz muss und kann über die gesamte Population gezogen werden (Mortalität ist der “Schlüssel” zwischen lebenden und toten Bäumen)
- ▶ zusammen mit Totholzaufnahme kann die Bilanz möglicherweise auf das Derbholz ausgedehnt werden
- ▶ mit der “korrekten” Definition von Einwuchs können Wachstum, Einwuchs und Auswuchs nach Durchmesserstufen untersucht werden
- ▶ ebenso Durchwuchszeiten
- ▶ die Ansprachen im Feld ebenso wie die Auswertungsalgorithmen müssen für solche Auswertungen angepasst werden

Interpretation der Veränderungsschätzungen

- ▶ relative (prozentuale) Standardfehler haben bei Veränderungen eine andere inhaltliche Bedeutung als bei Zustandsschätzungen
- ▶ es ist nicht sinnvoll, diese als vergleichendes Mass für die Schätzgenauigkeit verschiedener Zielgrössen zu verwenden
- ▶ hingegen darf der relative Standardfehler direkt als statistischer Test für die Signifikanz der Veränderung benutzt werden; ein relativer Standardfehler von mehr als 50 % bedeutet nämlich, dass sich die Population nicht signifikant verändert hat (Signifikanzniveau: 95 %)

Vergleiche zwischen LFIs

- ▶ absolute Veränderungen zwischen den Inventuren sind nur bedingt aussagekräftig, weil sich die Periodenlängen zwischen den einzelnen LFI-Inventuren unterscheiden
- ▶ mit der prozentualen Veränderungen wird im LFI die (absolute) Veränderung in Prozent des Ausgangsbestands bezeichnet, auch diese hängt von der Periodenlänge zwischen den Inventuren ab
- ▶ Ausweg: durchschnittliche Veränderung pro Jahr (allenfalls pro Vegetationsperiode)

Viel Vergnügen beim Analysieren und Interpretieren!

Unter www.lfi.ch gibt's einige Hundert (Tausend?) Tabellen!

Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

www.lfi.ch/resultate/regionen.php

it Visited Getting Started Latest Headlines

vs zu Politik, Wirtschaft, ... X LFI - Resultate X +

lfi.ch
Landesforstinventar
Inventaire forestier national
Inventario forestale nazionale
Inventari forestal nazionali
National forest inventory

SUCHEN DE | FR | IT | EN log in

Über das LFI

- Aktuelles
- Resultate
 - Anleibung
 - nach Regionen
 - nach Themen
 - Kriterien und Indikatoren
 - Stichwortsuche
 - Karten
- Waldbäume der Schweiz
- Waldspaziergang
- Dienstleistungen
- Publikationen
- Glossar / Wörterbuch
- Kontakt

Resultate nach Regionen

Bitte wählen Sie eine Regionalisierung. Sie können diese auch direkt über die Navigation links anspringen. Die Karten lassen sich mit einem Klick vergrössern.

<p>Produktionsregionen</p>  <p>» auswählen</p>	<p>Wirtschaftsregionen</p>  <p>» auswählen</p>	<p>Biogeografische Regionen</p>  <p>» auswählen</p>
<p>Schutzwaldregionen</p>  <p>» auswählen</p>	<p>Kantone</p>  <p>» auswählen</p>	<p>Forstkreise</p>  <p>» auswählen</p>