



FORSTSCHUTZSTELLE  
EBERSWALDE



## Methodik des Nadelspurverfahrens/Needle Trace Method (NTM) (nach Neulasjälkimenetelmä – The needle trace method AALTO & JALKANEN 1998)

### Quelle:

KOIM N. : Verlässlichkeitsprüfung der visuellen Kronenansprache nach Methoden der Waldschadenserhebung mit Hilfe des Nadelspurverfahrens. Bachelor Thesis, FH – Eberswalde 2005.

### 1. Hintergrund

Die Nadeln bei Baumarten der Gattung Kiefer sitzen in unechten Kurztrieben von je zwei, drei oder fünf Nadeln am Trieb und sind mit diesem für den Wasser- und Nährstofftransport durch Xylem- und Phloemstränge verbunden. Dieses Leitbündel bleibt während der gesamten Lebenszeit einer Nadel bestehen; erst bei ihrem Absterben verkümmert auch die Verbindung zwischen Nadel und Trieb. Bei der heimischen Kiefernart *Pinus sylvestris* L. erreichen die Nadelpaare normalerweise ein Alter von bis zu vier Jahren, wobei die Benadelung eines bestimmten Triebes sich mit zunehmendem Alter ausdünnert. Solange ein Nadelpaar mit dem Trieb verbunden ist, verbleiben in dessen jeweiligen Jahrringen „Narben“ in Form von kleinen schwarzen Punkten im Holz als Beweis ihrer Existenz, welche nach Absterben der Nadeln von den zuwachsenden, späteren Jahrringen überdeckt werden. Bei Freilegen der innersten Jahrringe eines Triebes lässt sich infolgedessen das Lebensalter jedes einzelnen Kurztriebes eines Baumes durch seine so genannte Nadelspur im Holz exakt ermitteln.

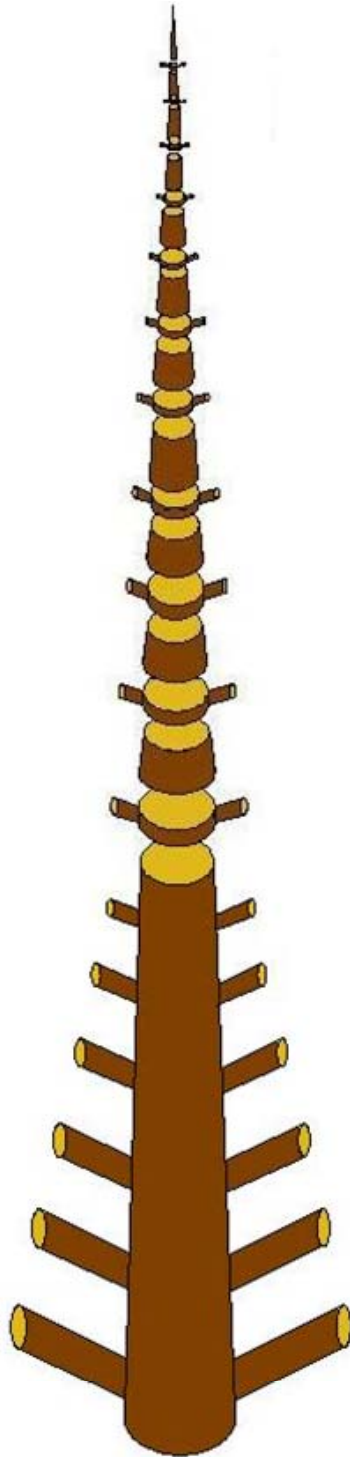
Aus verschiedenen Gründen haben Kiefernarten die beste Eignung für Untersuchungen mit der Nadelspurmethode bewiesen. Zum einen sorgt das Zuwachsen von je einem Trieb pro Jahr und dessen klare Abgrenzung vom Vorjahrestrieb durch Astquirle für eine einfache Unterscheidung der jährlichen Abschnitte des Stammes oder Astes. Auch die Jahrringe sind deutlich ausgebildet. Zum anderen sind die Xylem- und Phloemstränge zwischen Nadelkurztrieb und Trieb stärker ausgebildet als bei anderen Nadelbaumarten, mit nur jeweils einer Nadel am Trieb sitzend, da sie jeweils zwei, drei oder fünf Nadeln mit Wasser und Nährstoffen versorgen müssen und so deutlichere Spuren im Holz hinterlassen. Zudem wachsen die Nadeln in radiärer Anordnung, so dass offensichtliche Fehlstellen bzw. eine lückenlose Benadelung bei einfacher optischer Betrachtung festgestellt werden kann.

Die Herkunft eines Baumes hat ebenfalls Auswirkungen auf seine Eignung. So führen geringe Standortqualitäten zu einem engen Jahrringaufbau, welcher die Untersuchungen erschwert und zeitaufwendiger macht. Andererseits jedoch scheinen ärmere Standorte häufiger Bäume mit höherem Reaktionspotenzial in Bezug auf Umwelteinflüsse hervorzubringen, welche durch diese Indikatoreigenschaft mehr Attraktivität für Untersuchungen besitzen.

### 2. Auswahl des Probebaumes

Der zu untersuchende Baum muss vor allen Dingen äußerlich unbeschädigt sein, d.h. keinen Kronenbruch, keine Rückeschäden, Krümmwüchsigkeit u.Ä. aufweisen. Bedrängte Individuen sollten vermieden werden, da einerseits Zuwachseinbußen die deutliche Ausbildung von Jahrringen beeinträchtigen und andererseits der Benadelungszustand zu stark von peitschenden Ästen des benachbarten Baumes beeinflusst worden sein könnte.

Vor dem Fällen wird an dem ausgesuchten Probebaum seine der Himmelsrichtung Osten zugewandte Seite markiert; nach Fällung werden der Brusthöhendurchmesser (in Höhe 1,3 m) sowie die Länge aufgenommen. Am zu untersuchenden Abschnitt des Baumes muss nun die östliche Markierung mit Hilfe einer Motorsäge bzw. eines wasserfesten Stiftes auf dem gesamten Stamm übertragen werden, damit alle späteren Untersuchungen der Triebabschnitte in einheitlicher Ausrichtung erfolgen. Die bis auf kleine Rückstände, die der Abgrenzung der Jahrestriebe dienen, von Seitenästen befreite Stammachse wird mit der Motorsäge transportgerecht zugeschnitten.



**Abbildung 3:** Schematische Einteilung eines Untersuchungsbaumes in Triebabschnitte sowie herausgeschnittene Astquirle

**Figure 3:** Schematic division of sample tree in bolts and annual nodes

### 3. Laborarbeiten

Je nach Präparation des Baumes im Gelände werden die Stammabschnitte nun weiter vorbereitet, d.h. die jeweiligen Triebblängen aufgenommen, die Astquirle herausgeschnitten und die Jahrestriebabschnitte auf die empfohlene Untersuchungslänge von 15 cm – wenn möglich – gekürzt. Zur Trocknung von feuchtem Holz kann eine kurze Lagerungszeit angesetzt werden, um das spätere Abschälen des Holzes sowie Markierungen mit einem Bleistift zu erleichtern. Zu lange Trockenzeiten sollten jedoch

aufgrund der Gefahr von Rissen im Holz in Folge von Schwinden sowie von Blaufärbungen vermieden werden.

Die Schnittstellen sollten, zur leichteren Unterscheidung der Jahrringe, mit Sandpapier geschliffen; die für die Untersuchung relevanten Jahrringe mit dem Bleistift nachgezogen und der Betrachtungswinkel markiert werden, wie in Abbildung 4 erkennbar.



**Abbildung 4:** Untersuchter Abschnitt von Trieb B-8 (von Zwieselast B aus dem Jahr 1997) in den verschiedenen Stadien der Datenaufnahme, d.h. im Bereich der vier innersten Jahrringe

**Figure 4:** Examined bolt B-8 (of the southwards located stem originated in 1997) in the single stages of investigation within the four innermost rings

An den jüngsten Trieben kann die Zählung der Nadelspuren an Hand der noch vorhandenen Nadeln bzw. von vorjährig abgeworfenen Nadeln durch die schon verwitterten Nadelspuren in der Rinde erfolgen. Wenn jedoch nur ein einziger Kurztrieb im aktuellen Benadelungsjahrgang fehlt, so muss der Triebabschnitt mit Hobel oder Messer beschnitzt werden, um die zahlenmäßige Veränderung in der Gesamtbenadelung des Triebes chronologisch exakt zurückverfolgen zu können. Während sich bei den dünnen Zweigen ein Messer statt des Hobels zur Bearbeitung sowie ein Aufnahmewinkel der Nadelspuren von  $360^\circ$  empfiehlt, können bei den durchmesserstärkeren Trieben ein Hobel sowie ein geringerer Winkel zur weiteren Untersuchung gewählt werden. Nun wird das Holz bis zu dem Jahrring abgehobelt, in dem sich zuerst Nadelspuren zeigen, deren Anzahl in dem Bereich zwischen den beiden geraden, die jeweils an den Stirnseiten angezeichneten Winkel verbindenden Linien aufgenommen wird. Dabei zeichnen sich die Nadelspuren als kleine, dunkle Punkte im helleren Holzkörper ab, welche einem streng radiären Benadelungsmuster unterliegen. Nach dem Vermerk der Ziffer in dem entsprechenden Formblatt wird der darunter liegende Jahrring freigelegt und die Zählung im Winkelinnenbereich wiederholt, bis der innerste Jahrring erreicht ist. Lediglich in dem Falle, wenn schon in einem jüngeren Jahrring die maximale Benadelung erkennbar ist und sich folglich die Anzahl der Nadelspuren auch in den älteren, noch verdeckten Jahrringen nicht erhöhen wird, kann von dem Hobeln bis zum Ursprungsjahrring abgesehen werden. Schließlich werden die Triebe gänzlich, d.h. im Winkel von  $360^\circ$  bearbeitet, um die Gesamtnadelzahl festzustellen.

#### 4. Datenauswertung

Die aufgenommenen Daten werden mit Hilfe des eigens für diesen Zweck entwickelten Computerprogramms NTMENG in Form eines Excel-Spreadsheets ausgewertet, wobei eine Reihe von Nadelparametern berechnet wird. Die für diese Arbeit relevanten Parameter werden im Folgenden näher dargestellt.

##### 4.1. Jährliche Gesamtnadelanzahl – Annual Number of Needles (ANN)

Die Gesamtnadelanzahl (ANN) umfasst alle Nadeln, die in einem Jahr an allen Trieben zusammengekommen vorhanden sind, d.h. die einjährigen Nadeln des diesjährigen Triebes ( $NN_b$ ), die noch vorhandenen, nunmehr zweijährigen Nadeln des letztjährigen Triebes ( $NN_{b+1}$ ) usw.

$$ANN = \sum (NN_b, NN_{b+1}, \dots, NN_{b+n})$$

##### 4.2. Jährlicher Nadelverlust – Annual Needle Loss (ANL)

Der jährliche Nadelverlust kann als absoluter Verlust berechnet werden. Hierbei stellt ANN die Gesamtnadelanzahl eines Triebes und AP die Nadelproduktion des betrachteten Jahres dar.

$$ANL_n = ANN_{n+1} - (ANN_n - AP_n)$$

Außerdem kann der Nadelverlust in Form von Prozentwerten ausgedrückt werden (ANL (%)), was für jeden Nadeljahrgang getrennt geschieht. Wie in Tabelle 3 beispielhaft dargestellt, wird dabei jeder Trieb einzeln betrachtet und dessen Anzahl noch vorhandener Nadeln in jedem einzelnen der Nadeljahrgänge auf die Gesamtnadelanzahl im Bildungsjahr bezogen.

**Tabelle 3:** Beispielhafte Tabelle von der Berechnung des Nadelverlustes in Prozent  
**Table 3:** Exemplary chart of calculating needle loss in percentage

Nadelanzahl						Nadelverlust in %				
Bildungsjahr des Triebes	Nadeln in Jahrringen					Gesamtnadelanzahl pro Trieb	Verlust pro Nadeljahrgang			
	5	4	3	2	1		4	3	2	1
2004	0	50	130	190	200	200	25.0	40.0	30.0	5.0
2003	0	30	105	135	150	150	20.0	50.0	20.0	10.0
2002	0	27	108	153	180	180	15.0	45.0	25.0	15.0

Durch die Berechnung der Entnadelung in Prozentschritten ergibt sich auch die Anzahl der Nadeljahrgänge. Die Anzahl von Jahren, in denen an einem Trieb nach seiner Bildung noch Nadelspuren registriert werden, markiert gleichzeitig die Anzahl der Nadeljahrgänge, d.h. der letzte Nadeljahrgang in jener, in welchem die Entnadelung aller vorangegangenen Jahre 100 % erreicht.

##### 4.3. Mittleres Nadelalter – Average Needle Age (NA)

Das Nadelalter bezeichnet die Lebensdauer eines Kurztriebes. Dementsprechend kann pro Trieb das Durchschnittsalter (NA) all seiner im Ursprungsjahr gebildeten Nadeln ermittelt werden. Außerdem muss die Zeitdauer vom Entstehen neuer Nadeln bis zum Verwelken seneszenten Nadeln in Monaten geschätzt werden ( $t$ ). Hierbei wurden für das Untersuchungsgebiet sechs Monate als Zeitspanne festgelegt.

$$NA = \frac{\sum_{r=1}^n (p_r - p_{r+1}) \left( r - 1 + \frac{t}{12} \right)}{100}$$