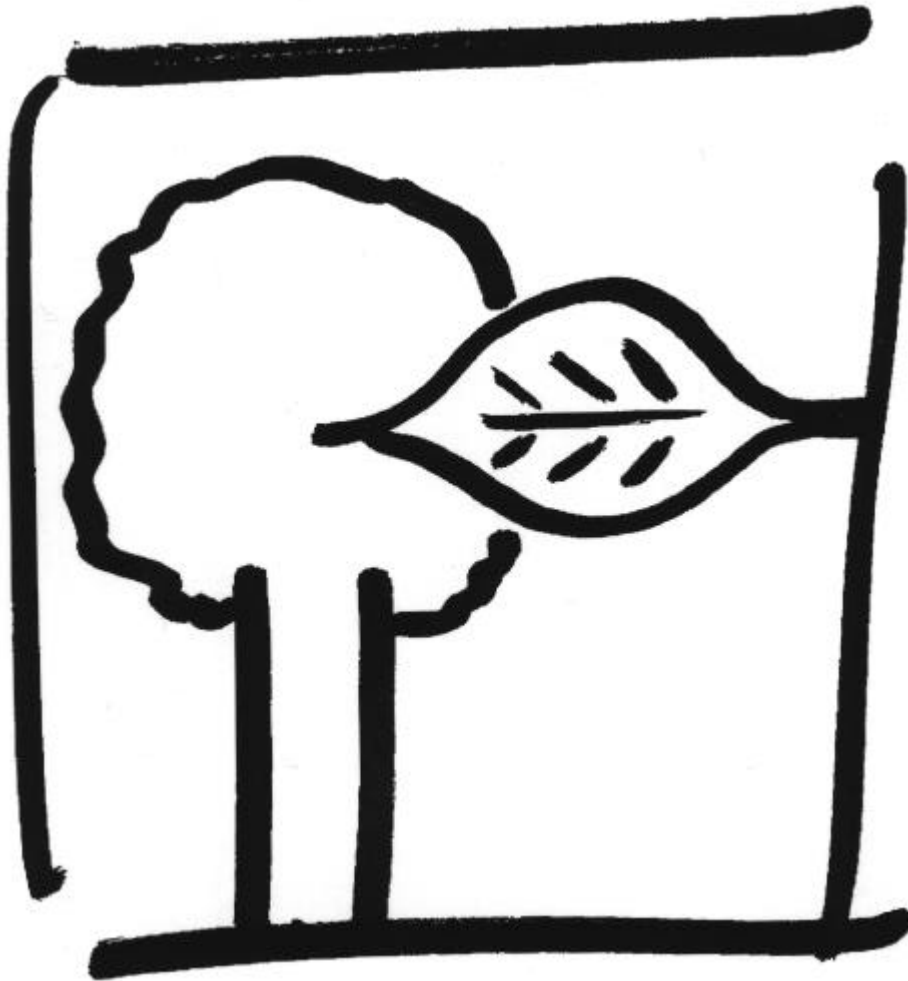




UP Xylemfluss-Meßsysteme



Pflanzenphysiologische Meßsysteme

Theorie

Nährstoffe in aufgelöster, verfügbarer Form, werden über den Transpirationsstrom (Xylemfluß) zu den Blattorganen und den lebenden Zellen transportiert. (LARCHER 1984)

Das hohe Wasserpotentialgefälle zwischen Boden, Pflanze und Atmosphäre sowie Kapillarkräfte, resultierend aus Adhäsion und Kohäsion, bewirken den Transport des Xylemwassers (ASKENEY, JOLY, DIXON 1894/95). Geschlossene Wasserfäden reichen von den Bodenkapillaren bis zu den transpirierenden Blättern.

Die Transpiration ist maßgeblich vom

zumindest eingeschränkt.

Es kommt zu einem charakteristischen Tagesgang der Transpiration, welcher bei Sonnenaufgang beginnt, bereits am Vormittag sein Maximum erreicht und in den Abendstunden gegen Null sinkt. Für die gesamte Wasserbilanz über mehrere Tage gilt: die über den Xylemstrom transportierte Wassermenge ist gleich der transpirierten Menge an Wasser (LIU).

Für eine zeitliche Auflösung der Transpiration sollten aber nach Möglichkeit der Stammumfang und die Xylemflußdichte gemeinsam betrachtet werden. (Granier-Sensoren

1. Messung nach Granier (Granier, INRA, 1987)

Funktionsprinzip

Der Sensor besteht aus zwei baugleichen Nadeln mit Kupfer-Konstantan-Thermoelementen und einer Kupferheizwicklung. Die Nadeln werden im Abstand von 10-15cm übereinander eingebaut. Die obere Nadel wird mit einem konstanten Strom beheizt. Durch den Xylemfluß verändert sich die Temperaturdifferenz zwischen der beheizten und der unbeheizten Nadel. Diese Temperaturdifferenz dient als Berechnungsgrundlage für den Saftfluß. Der Einzelverbrauch eines Sensors liegt bei 0,2 Watt (1,67 Volt Spannungsabfall, 120 mA). Die Sensoren sollen nach Möglichkeit auf der Nordseite eingebaut werden, da es sonst zu thermischen Effekten durch Sonneneinstrahlung kommen kann. Zum Betrieb der Sensoren bieten wir eine Konstantstromquelle an, die die erforderliche Heizleistung zur Verfügung stellt. Es können bis zu 3 Sensoren an eine Stromversorgung angeschlossen werden!

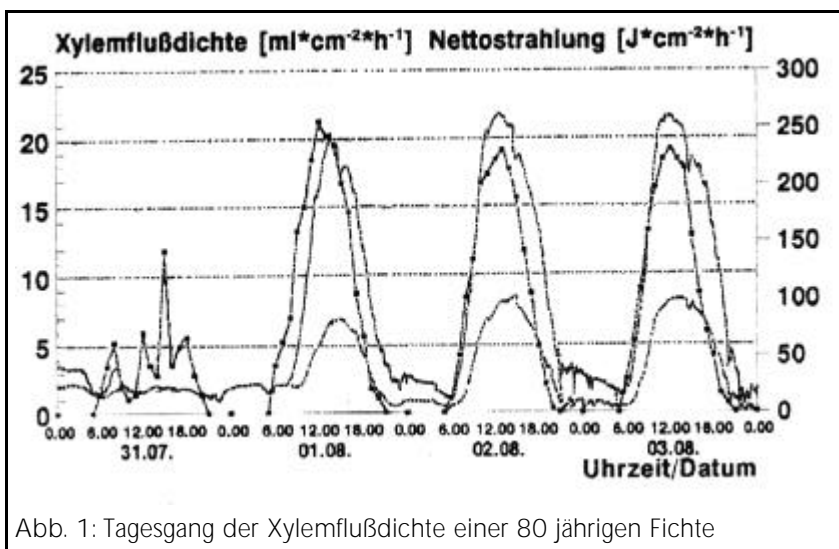


Abb. 1: Tagesgang der Xylemflußdichte einer 80 jährigen Fichte

Wasserpotential und meteorologischen Einflußgrößen wie Wind, Strahlung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der Bodenfeuchte abhängig. Für Ökosystemare Untersuchungen des Wasserhaushaltes ist eine Untersuchung aller Parameter daher äußerst wichtig. Über den Schließmechanismus der Stomata wird ein Regelmechanismus in Gang gesetzt, der die Intensität der Transpiration steuert (STAFELT, 1956). Trocknet der Boden aus, wird die Transpiration durch Schließen der Stomata unterbrochen oder

am Stammfuß und Dendrometer über den Stamm bis in die Äste verteilt)

Sensorsysteme

Für Xylemflußmessungen stehen je nach Pflanzenart zwei unterschiedliche Sensorsysteme zur Verfügung:

- die Messung nach Granier (invasiv, Sensornadeln, ab ca. 10cm Stammdurchmesser)
- die Messung mit System Dynamax (nicht-invasiv, Manschetten, für 2..125mm Durchmesser)

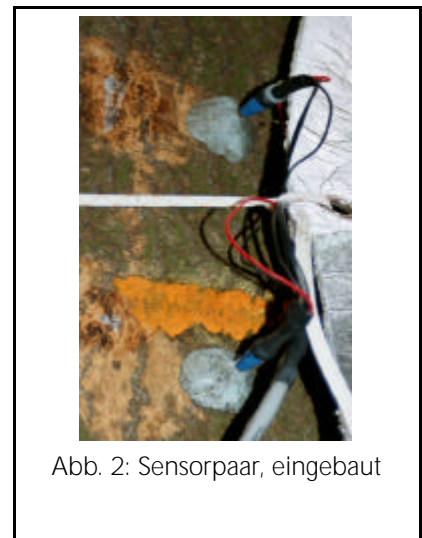


Abb. 2: Sensorpaar, eingebaut

Berechnung der Xylemflussdichte, System Granier

$$u = 0,714 * ((dT_{\text{Nacht}} / dT_{\text{Aktuell}}) - 1)^{1,231} [\text{ml} * \text{cm}^{-2} * \text{min}^{-1}]$$

dT_{Nacht} = Differenztemperatur bei Nacht (kein/minimum Saftfluß). Muß ermittelt werden.

dT_{Aktuell} = Differenztemperatur bei Messung

u = Xylemflußdichte

$$F = u * SA [\text{ml} * \text{min}^{-1}]$$

F = Xylemfluß

SA = Querschnitt des Splintholzes in Höhe des beheizten Meßfühlers in cm^2

ermitteln. Die hierfür erforderlichen Gleichungen können Sie dem nebenstehenden Bild entnehmen:

Meßwerterfassung

Die Meßwerte können mit jedem Datenerfassungsgerät, das Kupfer-Konstantan-Thermo-Spannungen messen kann, aufgezeichnet werden. Wir bieten hierzu folgende Datenlogger an: Skye Datahogs (1-8 Kanäle) und die Delta-T Logger DL2e (15-60 Kanäle) und DL3000 (12-384 Kanäle).

2. Messung nach System Dynamax (Manschetten)

ist es bei Einsatz der Dynagages möglich, die Xylemflußgeschwindigkeit direkt aus den Meßwerten zu

Funktionsprinzip:

Die Sensoren (Dynagages) von Dynamax Inc., Houston, USA, arbeiten nach der sogenannten Stem-Heat-Balance-Methode (SHB). Ausgehend



von einer konstanten Wärmequelle (Heizfolie) werden drei verschiedene Temperaturen erfaßt, die zur Berechnung des Saftflusses erforderlich sind: Temperatur innerhalb der Heizmanschette (radialer Wärmefluß), unterhalb und oberhalb der Heizmanschette. Die Meßstelle wird durch eine Isoliermanschette aus Kork und PUR-Schaum geschützt.

Berechnung des Xylemflusses:

Anders als bei den Graniersensoren

Peach Tree Water Used

SGA100-WS on 4.6" Diameter Trunk
G.R. (KW/m²·m)

■ Dynagage Stem Flow — Global Radiation

Peach tree sap-flow shows a decrease compared to increasing radiation because the tree has limited water available.

Energy Balance Equations

The energy balance is expressed as:

$$P_{in} = Q_r + Q_v + Q_f \quad (W) \quad (1)$$

$$P_{in} = V^2/R \quad (W) \quad \text{from Ohm's Law.}$$

Fourier's Law describes the vertical conduction components:

Where: $Q_v = Q_{st} + Q_d \quad (2)$

$$Q_{st} = K_{ST} A dTu/dx$$

$$Q_d = K_{ST} A dTd/dx$$

K_{st} = stem thermal conductivity ($W/m \times ^\circ K$)
 A = stem area (m^2)
 dTu/dx = temperature gradient ($^\circ C/m$)
 dx = thermocouple junction spacing (m)

$$Q_r = K_{sh} \times CH \quad (3)$$

K_{sh} = sheath conductance (W/mV)

K_{sh} is determined by solving equation (1) during zero-flow, $Q_f = 0$, as follows:

$$K_{sh} = (P_{in} - Q_v) / CH \quad (W/mV)$$

CH = radial-heat thermopile voltage (mV)

After dividing the temperature increase and the heat capacity of water into equation (1) solved for the sap heat flux, equation (4) determines the flow in g/s.

$$F = (P_{in} - Q_v - Q_r) / C_p \times dT \quad (g/s) \quad (4)$$

C_p = specific heat of water ($J/g \times ^\circ C$)
 dT = temperature increase of sap ($^\circ C$)
 $dT = (AH + BH) / 2 \quad (^\circ C)$

Dynagage schematic.

UP Xylemfluss-Meßsysteme

Meßsysteme - „ready to go“ (PAR-Sensor) und Dendrometern (Baumumfang) in Betracht gezogen werden. Ein solches Meßsystem kann wie folgt aufgebaut sein:

Wir bieten Ihnen komplette Meßsysteme bestehend aus Sensoren, Stromversorgung für die Sensoren, Datalogger, Akkus (für Wechselbetrieb) oder Solarstromversorgung, inkl. Schaltschränke für Aufnahme von Logger und Stromversorgung an. Darüberhinaus sollte der Einsatz von meteorologischen Sensoren (z.B. zur Unterbringung von Logger und



Sensorversorgung sowie Akku, 2x 12V/24Ah Akku (für Akkuwechselbetrieb 1x/Woche), 1x Tiefentladungsschutz (Alternativ Solarversorgung).

Bestellinformationen

ArtNr	Spezifikation
x600M_BS	GranierSensor „standard“, Heizzone 2cm, Abstand zwischen den Meßpunkten: max. 15cm, inkl. 75cm Kabel zum Binderstecker, inkl. 2 Alu-Röhrchen
x602_ccs2	Konstantstromquelle, 12Vdc, 120mA, für bis zu 3 Sensoren, in Alugehäuse, inkl. 2 m Kabel zum Akku und 2m Kabel zum Datalogger
x604	Kabelverlängerung zwischen Sensor und Stromversorgung (max 20m!)
x612_ALU	Alu-Röhrchen für Sensoren
x612	Zubehörkit 1: Bohrer, Stechbeitel, Einführwerkzeug, Drahtbürste, Silikonfett
x614	Zubehörkit 2: Strahlungsschutz drahtverstärkt, Befestigungsgummi, Terostat (Knetmasse) zum Abdichten der Meßstellen und des Strahlungsschutzes
Sonderanfertigungen	Statt der oben beschriebenen Konfiguration, ist es durchaus möglich, sowohl andere Sensoranordnungen (z.B. Kombination aus 4 Sensoren zur Eliminierung von Temperatureffekten, siehe Liu 1993) als auch andere Sensorabmessungen (größere oder kleinere Heizzone, kürzere/längere Nadeln etc) zu realisieren!
12618	UP Xylemfluß-Meßsystem XM1 bestehend aus: 3 Kanal-Logger, Xylemflußstromversorgung, 3x Xylemflußsensoren, GfK-Gehäuse, 2x Akkus für Akkuwechselbetrieb, Ladegerät, 3x Kit 2 (Strahlungsschutz), 1x Kit 1 (Installation), 3x 10m Kabel zwischen Sensor und Stromversorgung, inkl. Software und Datenübertragungskabel.
03240	PROSA Software zur Berechnung des Xylemflusses u.v.m.
	Dynagage-Sensoren
12640ff.	SGA 2 - Dynagage-Manschette 2-3mm Stammdurchmesser, Wetterschutz
12645ff.	SGA 13 Manschette f. 12-16mm Stammdurchmesser. Höhe 70mm, Wetterschutz.
12658ff.	SGB 50 Manschette f. 45-65mm Stammdurchmesser, Höhe 305mm, Wetterschutz.
12662.	Spezial-Spannungsregler f. Dynagage-Sensoren, 1-10Vdc, 3A, 12V Versorgung.
12660.	SF1-4-DL2 Komplettmeßsystem mit DL2e Logger, 4x SGA13-Manschetten, Spannungsregler, Mast, Gehäuse und Zubehör.

Literaturhinweise

- Schulze ED, Hall AE (1982): Stomatal responses, water loss and CO₂-assimilation rates of plants in contrasting environments. In: Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H (eds.) Encyclopedia plant physiol, vol 12B. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, pp 181-230.
- Granier A (1987): Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique. Ann.Sc.For., Seichamps, 44
- Liu JC, Keller T, Payer HD (1993): Stammflußmessungen an einer 150jährigen Fichte. Jahresbericht der GSF, Abt. EPOKA, Neuherberg.