

Georg-August-Universität Göttingen

Institut für Informatik

Modul: M.Inf. 1261.Mp: Seminar *Grafische Datenverarbeitung*

Seminarleiter: Prof. Dr. Winfried Kurth

WiSe 2016/17

Ein plastisches, dynamisches und reduzibles 3D-Geometriemodell für die Simulation der Blätter grasartiger Pflanzen

Referentin: Maria Tripel

Datum: 06.12.2016

Gliederung

1. Einblick
2. Was muss das Modell können?
3. Modellbeschreibung
4. Implementierung als Komponenten in OpenAlea
5. Zusammenfassung der Modelleigenschaften
6. Quellen

1. Einblick

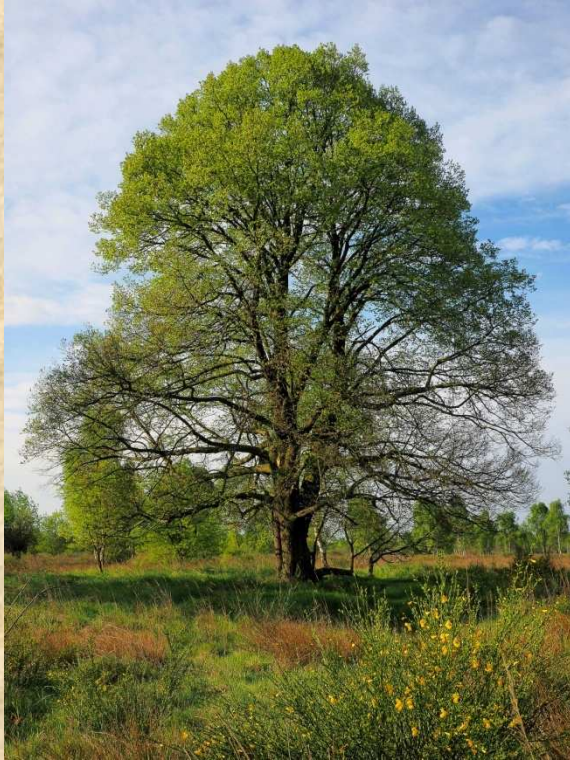


Foto: A. Roloff;
Quelle: www.baum-des-jahres.de



Bild 1 aus dem Paper von Christian Fournier,
Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible
3D Geometric Model
for Simulating Gramineous Leaves*

→ Das Modell dient der Blattsimulation grasartiger Pflanzen, wie Mais oder Weizen.

→ Es wird u.a. für verschiedene Berechnungen der Blatteffekte, wie z.B. Lichteinflüsse, verwendet

2. Was muss das Modell können?

1. Die Blattfläche simulieren
2. Rotation des Blattes und Krümmung der Blattränder wiedergeben
3. Unterschiedliche Blattformen modellieren
4. Umwelteinflüsse modellieren
5. Alterungsprozess der Pflanze modellieren
6. Zeiteffizient sein

3. Modellbeschreibung – die Schritte

1. Modellierung der Blattfläche
2. Das Modell wird angepasst (mit Daten aufgefüllt)
3. Dynamik der Flächengleichung
4. Unterschiedliche Formen modellieren
5. Plastische Transformation
6. Vereinfachung des Modells

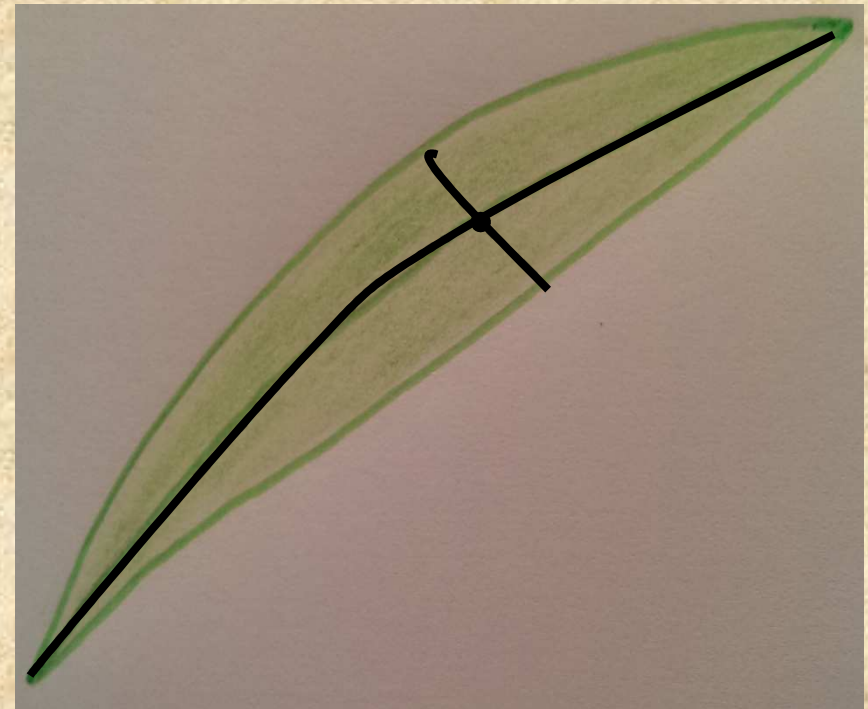
3.1. Modellierung der Blattfläche durch

- parametrische Darstellung der Kurve zur mittleren Blattrippe
- Drehung/Rotation entlang der mittleren Blattrippe
- Schwankungen der Blattbreite
- Wellenbewegung der Blattränder

3.1. Modellierung der Blattfläche

Seien $s \in [0,1]$ und $u \in [-0.5,0.5]$.

- $N : s \mapsto (x(s), 0, y(s))$
- $r : s \mapsto r(s)$
- $P : (s, u) \mapsto r(s)u\vec{j}$
- Rotation R
- Die Gleichung der Blattfläche ist gegeben durch



Eigene Darstellung

$$S(s, u) = N(s) + R(s)P(s, u)$$

3.1. Modellierung der Blattfläche

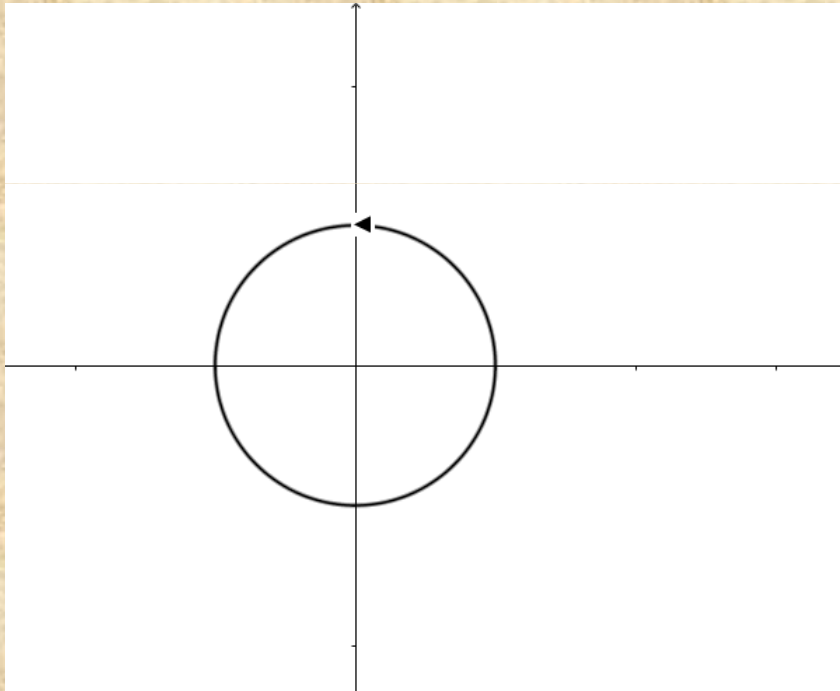
- Sei R die Einheitsmatrix. Dann gilt

$$R(s)P(s,u) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} r(s) \vec{u} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} r(s)u \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} 0 \\ r(s)u \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \forall s \in [0,1], \forall u \in [-0.5,0.5]: S(s,u) = (x(s), r(s)u, y(s))$$

3.1. Modellierung der Blattfläche

- Rotation um die y-Achse mit dem Rotationswinkel $\theta(s)$:
$$R : s \mapsto (\cos(\theta(s)), 0, \sin(\theta(s)))$$



Eigene Darstellung mit GeoGebra

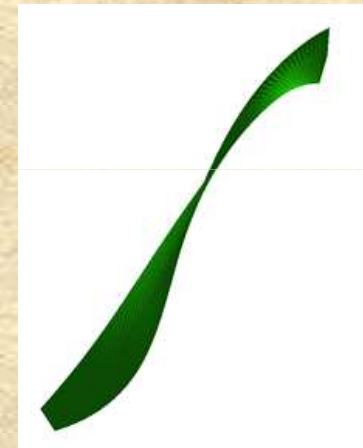


Bild 3d aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for Simulating Gramineous Leaves*

$$\Rightarrow S(s, u) = (x(s) + r(s)u \cos(\theta(s)), r(s)u, y(s) + r(s)u \sin(\theta(s)))$$

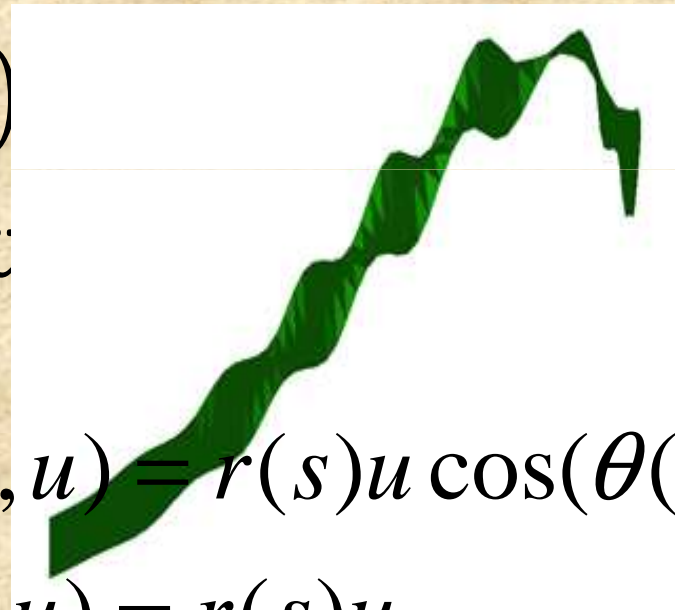
3.1. Modellierung der Blattfläche

- Für die Darstellung verschiedener Effekte, wie z.B. die Verdrehung oder die Welligkeit:

$$S(s, u) = (x(s) \quad y(s) + g(s, u))$$

mit f, g und h für
definiert.

geeignet



$$f(s, u) = r(s)u \cos(\theta(s))$$

$$h(s, u) = r(s)u$$

$$g(s, u) = r(s)u \sin(\theta(s))$$

Bild 3c aus dem Paper von Christian Fournier,
Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and
Reducible 3D Geometric Model
for Simulating Gramineous Leaves*

3.2. Das Modell wird angepasst (mit Daten aufgefüllt)

- Die Länge der Kurve N
- Die Variation der Blattbreite
- Diese Daten können aus den Blattuntersuchungen oder Digitalisierung erhalten werden.

3.2. Das Modell wird angepasst (mit Daten aufgefüllt)

- Dafür wird die mittlere Blattrippe stückweise linear konstruiert, indem für jeden Punkt (x_i, y_i)



$$s_i = \sum_{j=1}^i ds_j = \sum_{j=1}^i \sqrt{(x_j - x_{j-1})^2 + (y_j - y_{j-1})^2}$$

- Da die Funktion r von s abhängt, ist es einfach die drei Funktionen f , g und h vollständig über s_i zu parametrisieren
- Um die Fläche zu parametrisieren werden N und r parametrisiert

3.2. Das Modell wird mit Daten aufgefüllt

- Sei L die Gesamtlänge des Blattes.

- Parametrisierung von N :

$$\forall s \in [0, L]: N'(s) = \left(\frac{x\left(\frac{s}{L}\right)}{L}, \frac{y\left(\frac{s}{L}\right)}{L} \right)$$

- Normierung von N :

Sei $s' = \frac{s}{L} \Rightarrow \forall s' \in [0, 1]: N'(s') = \left(\frac{x(s')}{L}, \frac{y(s')}{L} \right)$

3.2. Das Modell wird mit Daten aufgefüllt

- Bei einem vorher betrachteten Blatt ist die Blattfläche gegeben durch:

$$surface_{leaf} = \int_0^1 r(t) dt$$

- Normierung von $r(s)$: $\forall s \in [0,1]: r'(s) = \frac{r(s)}{\int_0^1 r(t) dt}$

3.3. Dynamik der Flächengleichung

- Idee: Das Blatt altert, d.h. die Eigenschaften des Blattes ändern sich

→ die Kurve der mittleren Blattrippe ändert sich zum Zeitpunkt i

→ $N^i(s)$ beschreibt die zeitliche Entwicklung der Kurve

Die dynamische Gleichung der Blattfläche kann erhalten werden aus $r(s)$ kombiniert mit verschiedenen $N^i(s)$

3.3. Dynamik der Flächengleichung

- Für die Simulation der Pflanzen, deren Reifungslänge bekannt ist, kann das physiologische Alter angenähert werden durch

l ← Aktuelle Blattlänge

\overline{L} ← Die Länge des ausgewachsenen Blattes

- Normalisierung von $r(s)$ ergibt $r(age)$
- Für die Blattkurve wird eine Kollektion normalisierter Kurven $N(age, s)$ betrachtet

3.3. Dynamik der Flächengleichung

- Ursprüngliche Flächengleichung ohne Rotation usw.

$$\forall s \in [0,1], \forall u \in [-0.5,0.5]:$$

$$S(s, u) = (x(s), r(s)u, y(s))$$

- Die Blattfläche ist gegeben durch:

$$\forall s \in [0, h], \forall u \in [-0.5,0.5]:$$

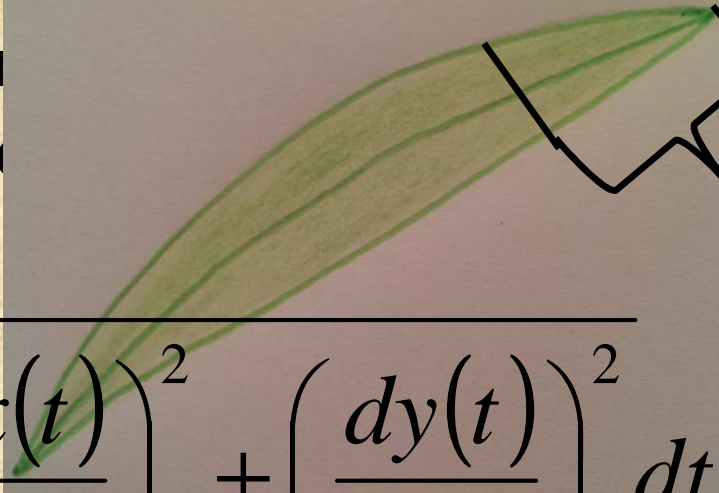
$$S'(s, u) = \left(x(s)L, r(s+l-h) \frac{R}{r_{\max}} u, y(s)L \right)$$

erwartete maximale Blattbreite

das Maximum von $r(s)$ $\nearrow r_{\max}$

3.3. Dynamik der Flächengleichung

- Die Unbekannten $x(t)$ und $y(t)$ werden durch $l-h$ berechnet



The diagram shows a green leaf with a coordinate system. The x-axis is horizontal and the y-axis is vertical. The leaf's outline is shown in green. A horizontal line segment of length $l-h$ is drawn from the y-axis to the leaf's tip. The text 'Eigene Darstellung' is written below the x-axis.

$$\int_0^h \sqrt{\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2} dt - \frac{l}{L} = 0$$

3.4. Unterschiedliche Formen modellieren

- Derzeitiges Problem des Modells:
Beim gleichen Start sieht das Ergebnis gleich aus
- Lösung:
 - Es wird die gleiche vordefinierte Blattreife betrachtet und
 - während der Simulation können Faktoren geändert werden

3.4. Unterschiedliche Formen modellieren

- Die dynamische Gleichung kann in einer differenziellen Form dargestellt werden

- $r(age)$ wird abgeleitet zu $\frac{dr}{dage} = f(age)$

- Die Kurve $N(age, s)$ wird durch das Einsetzen einer Menge von Kurven der mittleren Blattrippe an unterschiedlichen Altern errechnet. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten

- direktes Ausrechnen

- Durch die abgeleitete Form: $\theta(age, s) = \frac{dN}{ds}(age, s)$

3.4. Unterschiedliche Formen modellieren

- In jeder Zeitstufe der Simulation (dt) muss der Benutzer verschiedene unabhängige Faktoren definieren:

- Wie schnell ein Blatt wächst $\left(\frac{dage}{dt}\right)$

- Wie verändert sich die mittlere Blattrippe $\left(\frac{dl}{dt}\right)$

- Wie variiert die Blattbreite $\left(\frac{dr}{dage}\right)$

- Wie variiert die mittlere Rippenbiegung $\left(\frac{d\theta}{dage}\right)$

3.5. Plastische Transformation

- Die Umwelteinflüsse auf die Pflanze an lokalen Stellen sind modifizierbar.
- Operatoren können die Form der Blattkurve über die lokale Veränderung der Kurvenmenge verändern.
- Man errechnet $\theta(s)$ und teilt das Blatt in Intervalle auf.
- Die Winkelverminderung kann für jeden Intervall spezifiziert werden.
- Solche Operatoren können an s oder $r(s)$ gelten

3.6. Vereinfachung des Modells

- Das 3D-Modell wird aus Dreiecken, die dann zu Polygonen zusammengefasst werden, aufgebaut.
- Das Modell wird vereinfacht, indem die Anzahl der Dreiecke reduziert wird.
- Zuerst kann die optimale Bestimmung der Fläche (Rotation, Welligkeit usw.) deaktiviert werden.
- Weitere Vereinfachung geschieht an der Kurve zur mittleren Blattrippe und nicht an der Fläche!
 - Idee: die Veränderungen an der Kurve ändern die Fläche nicht

3.6. Vereinfachung des Modells

- Reduzierungsidee:
 - Einige Punkte zur Kurvendarstellung entfernen
 - Der Fehler von x, y und r sollen dabei minimiert und optimiert werden. Denn dies ermöglicht die Einhaltung der maximalen Anzahl an Hauptcharakteristika der Fläche.

3.6. Vereinfachung des Modells

- Der Algorithmus
 - Input: eine Anzahl von Polygonen, die für die Repräsentation der Fläche erforderlich sind
 - Der quadratische Fehler wird durch die Entfernung eines Punktes von der Kurve berechnet
 1. die Kurve wird in diskrete Punkte verwandelt
 2. Für alle s_i wird der Fehler berechnet (wenn $x_i(s_i)$, $y_i(s_i)$, $r_i(s_i)$ weggeworfen werden)

3.6. Vereinfachung des Modells

3. Seien $P_i(x_i, y_i)$ und $R_i(s_i, r_i)$ zwei Mengen von Punkten, die sich aus der Diskretisierung ihrer Kurven ergeben.

Seien ε^{xy} bzw. ε^r der Fehler an der Kurve $N(s)$ bzw. $r(s)$

Sie sind gegeben durch:

$$\varepsilon_i^{xy} = \text{distance}\left(P_i, \overline{P_{i-1}P_{i+1}}\right)$$

$$\varepsilon_i^r = \text{distance}\left(R_i, \overline{R_{i-1}R_{i+1}}\right)$$

Der Fehler an der Fläche ist gegeben durch

$$\forall i \in]1, n[: \varepsilon_i = \sqrt{\left(\varepsilon_i^{xy}\right)^2 + \left(\varepsilon_i^r\right)^2}$$

3.6. Vereinfachung des Modells

4.

- a) Die Punkte werden in einer Heap-Liste gespeichert.
- b) Der Punkt mit dem kleinsten Fehler wird entfernt.
- c) Der Fehler seiner Nachbarn wird aktualisiert.

Solange bis die Anzahl der entfernten Punkte mit der angeforderten Anzahl an Punkten übereinstimmt.

5. Die Fläche wird erstellt.

4. Implementierung als Komponenten in OpenAlea

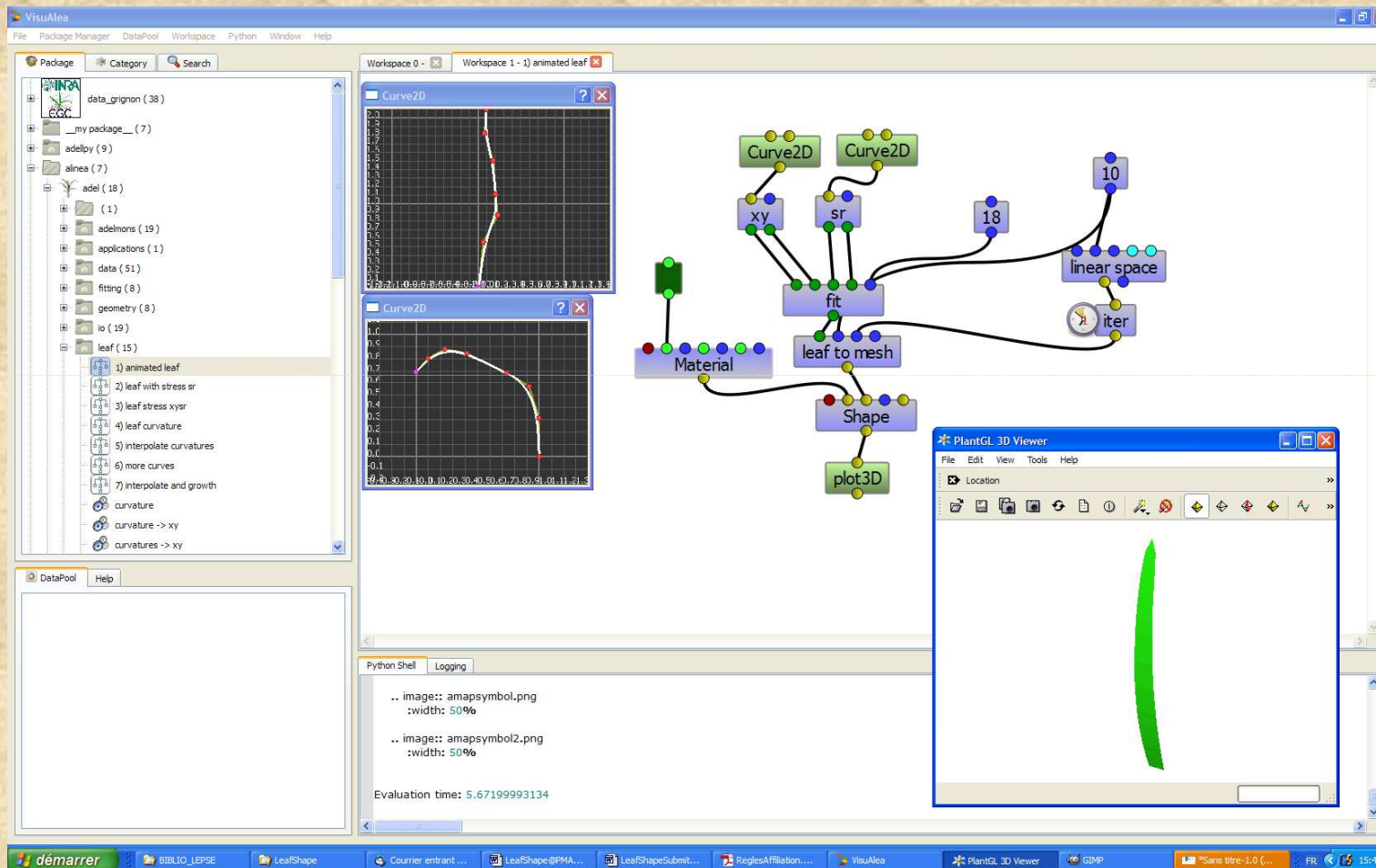


Bild 2 aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for Simulating Gramineous Leaves*

5. Zusammenfassung der Modelleigenschaften

- Der Alterungsprozess, die unterschiedliche Details-Ebenen, die Welligkeit und die Rotation können dargestellt werden.

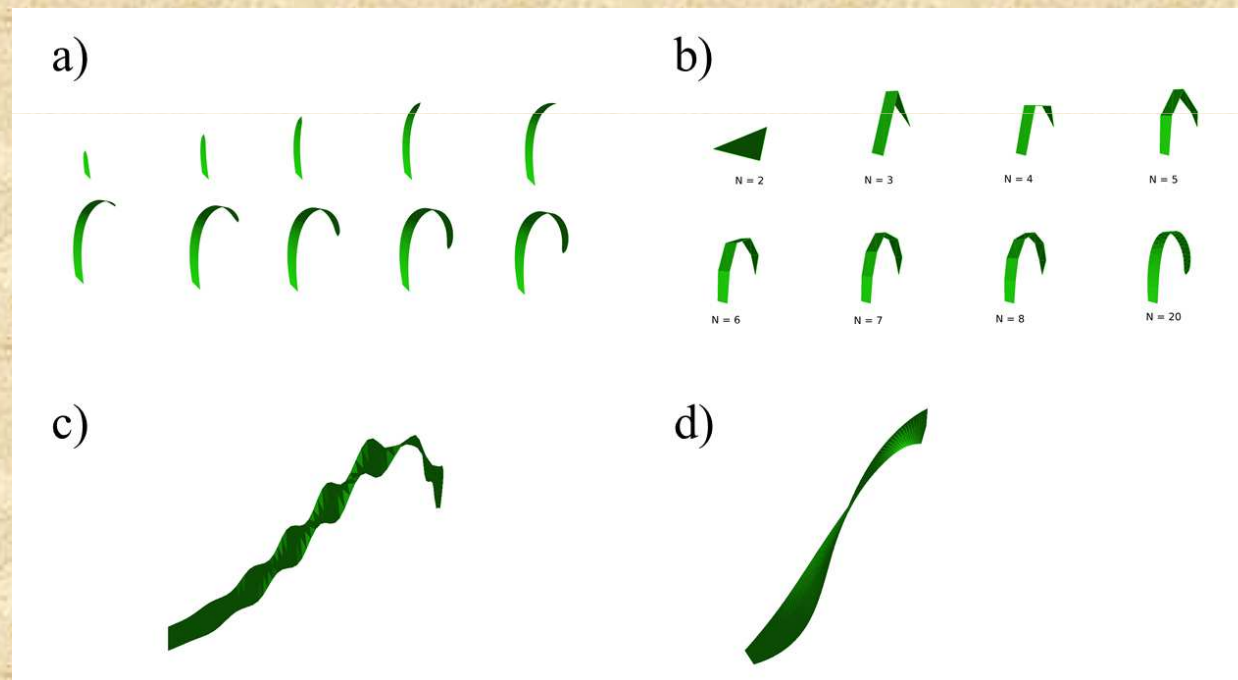


Bild 3 aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for Simulating Gramineous Leaves*

5. Zusammenfassung der Modelleigenschaften

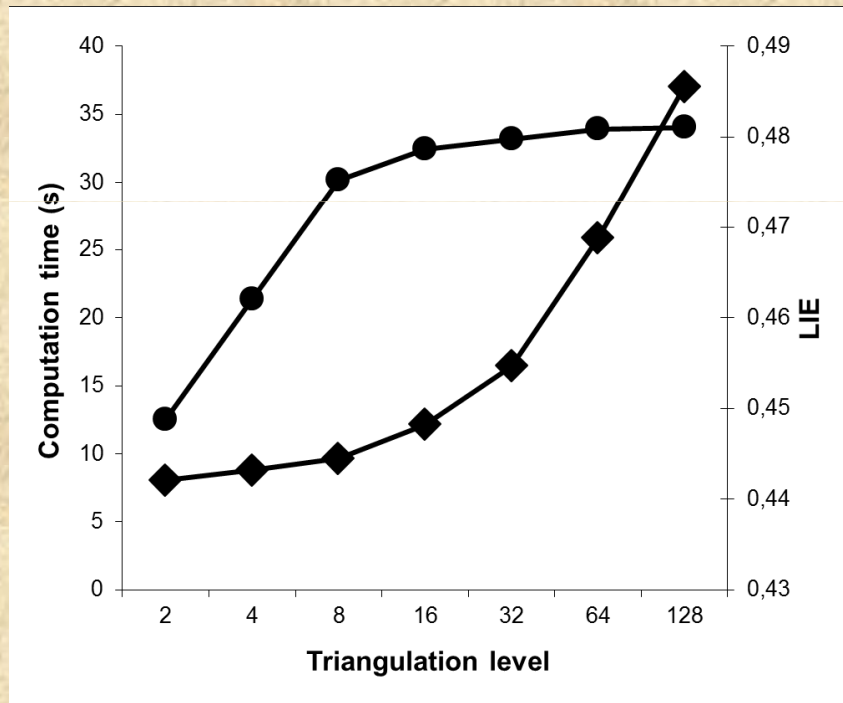
- Es können unterschiedliche Blattformen dargestellt werden.



Bild 4 aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for Simulating Gramineous Leaves*

5. Zusammenfassung der Modelleigenschaften

- Die Berechnungszeit kann durch die Verringerung der Anzahl von Dreiecken optimiert werden.



Die Berechnungszeit in Abhängigkeit von der Anzahl der Dreiecke zur Darstellung der Blattfläche wird mit der **Rauten**-Funktion dargestellt.

Bild 6 aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal: *A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for Simulating Gramineous Leaves*

5. Zusammenfassung der Modelleigenschaften

- Die Verformbarkeit des Blattes durch die Umwelteinflüsse an lokalen Stellen kann modifiziert werden.



Bild 7 aus dem Paper von Christian Fournier, Christophe Pradal:
*A Plastic, Dynamic and Reducible 3D Geometric Model for
Simulating Gramineous Leaves*

6. Quellen

- Christian Fournier, Christophe Pradal: *International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications, 2012, pp. 125-132.*

Elektronische Quelle:

<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/81/40/PDF/leafshape.pdf>

- A. Roloff: *Winter-Linde.*

Elektronische Quelle:

www.baum-des-jahres.de

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Weitere Fragen?