

Kommission für Entwicklungsfragen
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Dr. Ignaz Seipel- Platz 2
1010 Wien

Endbericht – Forschungsprojekt – Mai 2005

Eignung und Anwendbarkeit von Pflanzen für ingenieurbiologische Hangsicherungsmethoden in Nepal

Projektleitung: O.Univ.Prof.Dr. Florin Florineth
Vertr. Ass. DI Hans Peter Rauch

Projektbearbeitung: Susanne Belihart
Dietmar Ertl
Madhu Sudan Acharya

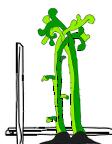


Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

Peter Jordan- Strasse 82

1190 Wien

Universität für Bodenkultur Wien



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung -----	2
2	Kurzbeschreibung der Projektstandorte -----	4
2.1	Thankot -----	4
2.2	Badikhel-----	5
3	Zeitplan und Methodik -----	7
4	Beschreibung der durchgeführten Arbeiten -----	8
4.1	Arbeiten in Thankot -----	8
4.2	Arbeiten in Badikhel -----	9
4.3	Verwendete Pflanzen-----	11
4.4	Kurze Beschreibung der einzelnen Bauweisen -----	11
4.4.1	Heckenbuschlagen-----	11
4.4.2	Drainfaschinen -----	12
4.4.3	Palisaden -----	13
4.4.4	Bambuskraierwand-----	13
5	Ergebnisse -----	15
5.1	Heckenbuschlagen-----	15
5.2	Bepflanzte Bambuskraierwände-----	18
5.3	Drainfaschinen -----	19
5.4	Palisaden -----	22
6	Zusammenfassung -----	23

Winterpflanzungen bringen sehr viele Vorteile. Einerseits haben die Pflanzen genügend Zeit sich bis zur Monsunzeit zu entwickeln, wodurch sie dann bereits eine Schutzfunktion für den Hang ausüben können. Andererseits sind während des Winters Arbeitskräfte leichter verfügbar (die Subsistenzlandwirte haben im Winter mehr Zeit für anderweitige Arbeiten). Allerdings gibt es während des Winters sehr wenig Niederschlag wodurch die Pflanzen der Trockenheit ausgesetzt sind.

In diesem Zusammenhang hat Univ. Prof. Dr. Florin Florineth von der BOKU Wien gemeinsam mit Dr. Madhuban Lal Maskay, einem Bauingenieur aus Kathmandu und Univ. Prof. Dr. Meg Raj Dithal, einem Geologen der Tribhuvan Universität Kathmandu, ein Forschungsprojekt angeregt. Die Ziele waren: 1) verschiedene Pflanzenarten auf ihre Eignung in Winterpflanzungen zu testen und 2) kostengünstige Bauweisen zur Hangsicherung in Nepal zu verwenden und testen. Die Arbeiten werden von Studierenden der Universität für Bodenkultur im Rahmen ihrer Diplomarbeiten bzw. einer Dissertation durchgeführt und von der Akademie der Wissenschaften finanziert.

Im Jahr 1999/2000 begannen die ersten Versuche in der Nähe von Besisahar (Distrikt Lamjung). Hier wurden von Elke SPINDLER und Marco MOLON verschiedene Pflanzen getestet. Im darauffolgenden Jahr sind die Arbeiten von Lukas LEITER und Martin KEUSCHNIGG an zwei Orten im Kathmandutal weitergeführt worden, wobei sie ihre Untersuchungen, neben einem Test über die Eignung von Arten, auch auf die Anwendbarkeit verschiedener Bauweisen ausdehnten. Mit dem großen Abbruch oberhalb von Thankot (11 km westlich von Kathmandu) wurde ein neuer, sehr gut geeigneter Versuchsstandort gefunden, da aus Sicherheitsgründen (Gewaltakte der maoistischen Rebellen) die ersten Testflächen in Besisahar aufgegeben werden mussten. Die Forschungstätigkeit in Thankot wurde 2001/02 von Sandra WIBMER und Walter LAMMERANNER, 2002/03 von Susanne BELIHART und Dietmar ERTL weitergeführt. Dabei sind am Hangrutsch in Thankot weitere ingenieurbiologische Bauten errichtet, sowie ein Monitoring der bereits bestehenden Maßnahmen durchgeführt worden. Eine Besichtigung der 1999/2000 durchgeführten Arbeiten in Besisahar war aufgrund der aktuellen politischen Situation in Nepal leider nicht mehr möglich.

Nach der Besichtigung einer Hangabbruchs durch Prof. Florineth im April, 2003, wurde ein weiteres Projekt in Badikhel, Lalitpur (etwa 15 km südlich von Kathmandu) begonnen. Dafür werden bepflanzte Bambuskrautwände zur Hangsicherung sowie zur Ufersicherung eingesetzt.

Die gesamte Projektarbeit, die ausgegebenen Kosten sowie die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

2 Kurzbeschreibung der Projektstandorte

2.1 Thankot

Das Dorf Thankot liegt 11 km westlich der Hauptstadt Kathmandu am Rande des Kathmandutals an der Grenze zum Dhading Distrikt. Durch das Dorf führt der „Tribhuvan Highway“ bzw. „Prithvi Highway“, der Kathmandu mit den südlichen Landesteilen Nepals sowie Indien verbindet. Das Dorf hat ca. 2000 Haushalte, die großteils von der Subsistenzlandwirtschaft leben. Eine weitere wichtige Erwerbsquelle stellt der Abbau von Schotter dar. Die ingenieurbiologischen Versuchsflächen befinden sich an einem Hangrutsch oberhalb des Dorfes an der Straße zum Chitlang Pass, einer alten Verbindung nach Indien. (siehe Abb.2 und 3)

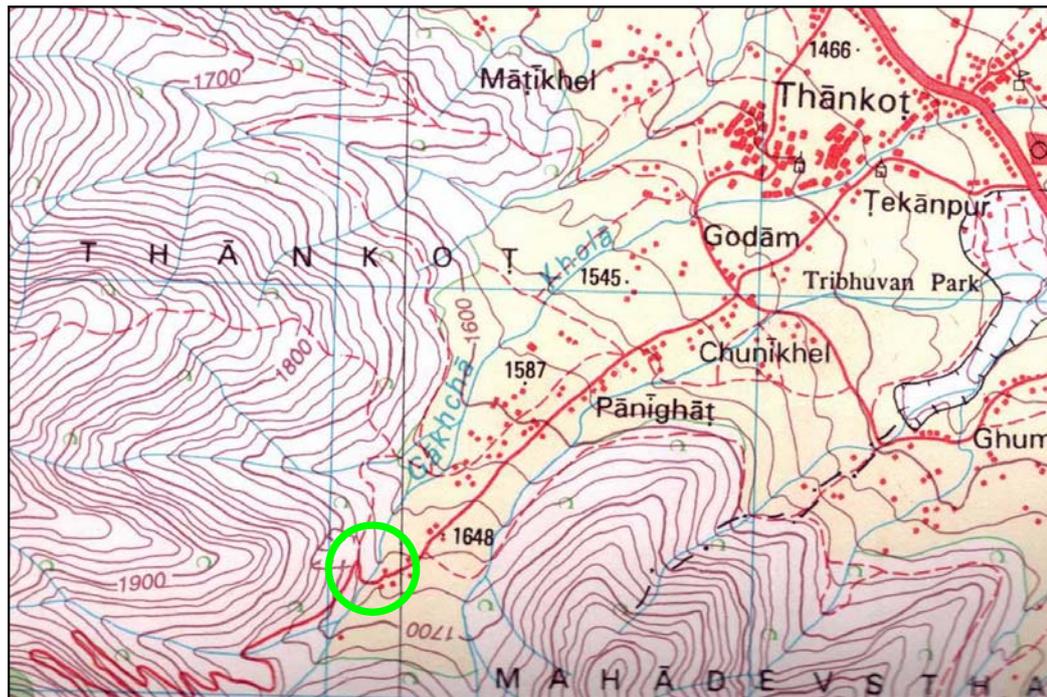


Abbildung 2: Lage der Versuchsflächen in Thankot (unmaßstäblich).



Abbildung 3: Gesamtansicht des Hangrutsches über Thankot (Oktober 2001)

2.2 Badikhel

Das Dorf Badikhel liegt etwa 15 km südlich der Hauptstadt Kathmandu am Rande des Kathmandutals, nahe dem berühmten botanischen Garten "Godawari" im Lalitpur Distrikt. Das Dorf hat ca. 700 Haushalte, die größtenteils von der Subsistenzlandwirtschaft leben. Eine weitere wichtige Erwerbsquelle stellt der Abbau von Steinen und die Forstwirtschaft dar. Die ingenieurbiologischen Hangsicherungen befinden sich an einem Hangrutsch oberhalb des Dorfes, der ingenieurbiologische Uferschutz an einem Bach unterhalb des Dorfes. (Siehe Abb. 4, 5 und 6)

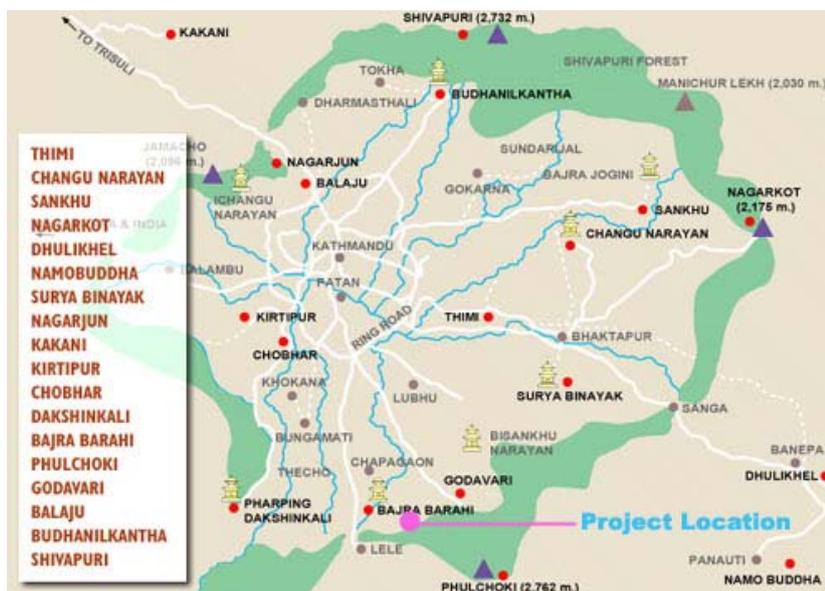


Abbildung 4: Lage des Dorfes Badikhel, südlich von Kathmandu



Abbildung 5: Gesamtansicht des Hangrutsches über Badikhel, Fläche 1 (Mai, 2003)



Abbildung 6: Gesamtansicht des Hangrutsches über Badikhel, Fläche 2, Bau von Bambuskraimerwänden (Mai 2004)

3 Zeitplan und Methodik

Der erste Teil des Projekts wurde im Mai 2003 abgeschlossen und bereits im ersten Forschungsbericht beschrieben. Die Abfolge der vom Mai 2003 bis Juni 2004 durchgeführten Sicherungsmaßnahmen wurde im zweiten Zwischenbericht genau beschrieben, weshalb hier nicht mehr genauer darauf eingegangen wird.

Wie im vorherigen Nepalprojekt, wurden auch in diesem Projekt in der Zeitraum zwischen Oktober 2002 bis Dezember 2004 weitere Pflanzenarten auf ihre Eignung in Winterpflanzungen getestet, sowie verschiedene ingenieurbiologische Bauweisen auf ihre Tauglichkeit untersucht. Die gesamten Projektarbeiten wurden in enger Kooperation mit der lokalen Bevölkerung und örtlichen Experten im Zeitraum Oktober 2002 bis Dezember 2004 durchgeführt.

Die wichtigsten Eckdaten sind im Folgenden wiedergegeben:

- **Oktober 2002:** Inspektion und Besichtigung der vorjährigen Arbeiten in Thankot.
- **Anfang November 2002:** Planung neuer ingenieurbiologischer Maßnahmen und Auswahl der Pflanzen in Thankot.
- **18.-27. November 2002:** 1. Bauphase oberhalb der Passstraße in Thankot.
- **12. -14. Februar 2003:** 2. Bauphase oberhalb der Passstraße in Thankot.
- **10.-17. April 2003:** Betreuungsbesuch von Prof. Florin Florineth, Besichtigung der neuen Versuchsflächen in Badikhel.
- **Ende Februar bis Anfang Mai 2003:** Datenerhebung, Vermessung und Untersuchung der "alten" und "neuen" Maßnahmen in Thankot.
- **April 2003:** Vorbereitung und Planung neuer ingenieurbiologischer Maßnahmen in Badikhel.
- **Mai 2003:** Erste Bauphase: Konstruktion von drei Bambuskraimerwänden und 15 Heckenbuschlagen zur Hangsicherung in Badikhel Fläche 1.
- **Januar 2004:** Zweite Bauphase: Konstruktion von weiteren drei Bambuskraimerwänden und 5 Heckenbuschlagen in Badikhel Fläche 1.
- **April/Mai 2004:** Dritte Bauphase: Konstruktion von fünf Bambuskraimerwänden in Badikhel Fläche 2.
- **Dezember 2004:** Konstruktion eines Uferdammes aus Bambuskraimerwänden mit Faschinen zum Hochwasserschutz an einem kleinen Fluss in Badikhel.

Es wurde versucht in allen Phasen die lokale Bevölkerung weitestgehend einzubinden. So wurden zum Beispiel die Mitglieder der lokalen Women Forest User Group (WFUG) nach den von ihnen präferierten Pflanzenarten befragt und diese dann in der Pflanzenwahl berücksichtigt.

Auch während der Bauphase und in der Zeit der Datenerhebung wurde eng mit den Frauen zusammengearbeitet. Die Frauen hatten dadurch die Möglichkeit die relativ einfach anwendbaren Techniken zu erlernen und bauten durch die permanente Einbindung in das Projekt einen engen Bezug dazu auf. Durch dieses „sich verantwortlich fühlen“ für die Pflanzung soll gewährleistet werden, dass nach dem Auslaufen des Projektes und des damit verbundenen Einkommens aus der Pflege, die durchgeführten Maßnahmen sich weiterhin gut entwickeln können. Dafür spricht auch die Tatsache, dass die Pflanzen in einigen Jahren von der Gemeinschaft genutzt werden können (Brennholz, Grünfutter, Früchte...). Die gesamte Bauausführung fand unter Einsatz lokaler Arbeitskräfte statt.

4 Beschreibung der durchgeführten Arbeiten

4.1 Arbeiten in Thankot

Bauphase 1 (18. – 27. 11. 2002):

- 4 Bambuskraimerwände (89 lfm)
- 2 Heckenbuschlagen (14,4 lfm)
- Einzelgehölzpflanzungen (13 Stk.)

Bauphase 2 (12.2. - 14. 2. 2003):

- 1 Heckenbuschlage (12 lfm)
- 6 Palisaden (7,9 lfm)
- Grashizompflanzungen (90 Stk.)



Abbildung 7: Detail Bambuskraimerwand 4 mit Pflanzeneinlage, Thankot, November 2002



Abbildung 8: Bambuskraimerwand 3 + 4, Thankot, November 2002

4.2 Arbeiten in Badikhel

Bauphase 1 (Mai 2003):

- 3 Bambuskraimerwände (28,5 lfm)
- 5 Heckenbuschlagen (38,4 lfm)

Bauphase 2 (Januar 2004):

- 2 Bambuskraimerwände (59 lfm)
- 4 Heckenbuschlagen (95 lfm)

Bauphase 3 (April/Mai 2004):

- 5 Bambuskraimerwände (53,5 lfm)
- 4 Heckenbuschlagen (36 lfm)

Bauphase 4 (Dezember 2004):

- Bambuskraimerwand als Uferschutzdamm,(130 lfm)
- Faschinen (520 lfm)



Abbildung 9: Oberer Teil Fläche 1 in Badikhel während der Bauphase (Blick von oben, Mai 2003).



Abbildung 10: Oberer Teil Fläche 1 in Badikhel nach dem Bau von Bambuskraimerwände und Heckenbuschlagen (Blick von unten, Juni 2003).



Abbildung 11: Unterer Teil Fläche 1 in Badikhel vor dem Bau (Januar 2004).



Abbildung 12: Unterer Teil Fläche 1 nach dem Bau von Bambuskraimerwände und Heckenbuschlagen (Januar 2004).



Abbildung 13: Fläche 2 während der Bauphase (April 2004), Badikhel



Abbildung 14: Fläche 2 nach dem Bau von Bambuskraimerwände (Mai 2004), Badikhel



Abbildung 15: Bambuskraimerwand als Uferschutzdamm an einem kleinen Fluss (Bhyalku) in Badikhel (Dezember 2004).

4.3 Verwendete Pflanzen

A. Steckhölzer

- *Salix tetrasperma*
- *Lantana camara*
- *Morus alba*
- *Populus x euramericana*
- *Duranta repens*
- *Lagerstroemia parviflora*
- *Adhatoda vasica*
- *Sambucus hookeri*
- *Pyrus pashia*
- *Osbeckia stelber*

B. Bewurzelte Pflanzen

- *Alnus nepalensis*
- *Prunus cerasoides*
- *Callistemon citrinus*
- *Fraxinus floribunda*
- *Populus x euramericana*

C. Gräser

- *Pennisetum purpureum*
- *Thysanolaena maxima*

4.4 Kurze Beschreibung der einzelnen Bauweisen

4.4.1 Heckenbuschlagen

Der Lagenbau dient zur Sicherung von Lockermaterial. Beim Heckenbuschlagenbau werden dabei Steckhölzer und bewurzelte Pflanzen verwendet. Zunächst beginnt man mit dem Ausheben einer 50 – 150 cm tiefen, mindestens 10% nach hinten geneigten Terrasse. Auf die Terrasse werden abwechselnd Steckhölzer und bewurzelte Pflanzen mit einem Abstand von ca. 10 cm eingelegt und mit Erde überschüttet, wobei nur 10 – 15 cm der Pflanzen aus der Erde ragen dürfen. Man beginnt mit der Konstruktion von unten nach oben, der Abstand zwischen den Buschlagen beträgt je nach Steilheit und Bodenbeschaffenheit 1,5 - 2 m.

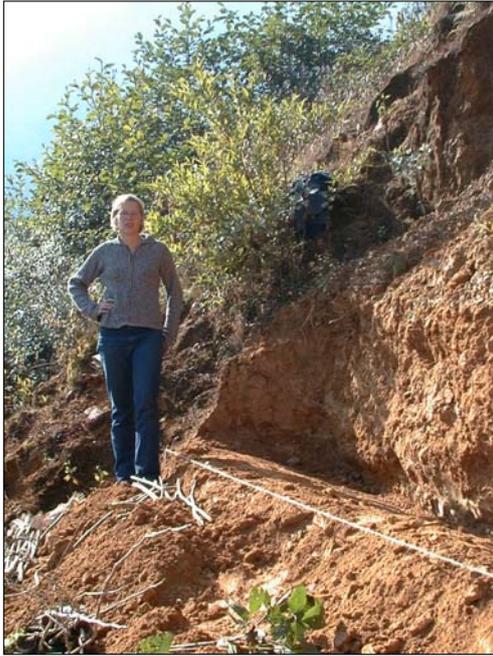


Abbildung 16: Vorbereitung für eine Heckenbuschlage (Thankot, Nov. 2002)



Abbildung 17: Detail Heckenbuschlage (Thankot, Nov. 2002)

4.4.2 Drainfaschinen

Diese entwässern den Boden mechanisch durch die eingelegten Äste und später auch biologisch durch das anschließende Wurzel- und Sprosswachstum. Zunächst wird entlang der Falllinie ein Graben ausgehoben. Anschließend werden Pflöcke eingeschlagen und danach Äste vegetativ vermehrbare Gehölze eingelegt. Die Äste werden mit Draht zusammengebunden und abschließend mit Erde 2-3 cm überschüttet.



Abbildung 18, 19 und 20: Konstruktion einer Drainfaschine , Thankot (Dezember, 2002)

4.4.3 Palisaden

Palisaden sind Querbauwerke, die zum Rückhalt von Gestein in Gräben verwendet werden. Dabei wird zunächst eine Grube ausgehoben, danach ein Querholz an beiden Grabenseiten verankert. Anschließend werden Stekhölzer vertikal eingelegt und mit Draht an der Quersicherung befestigt. Schließlich wird der Graben wieder mit Erde verfüllt. Bei den im Vorjahr angepflanzten Palisaden wurden die Stekhölzer, wie in Österreich üblich zu ca. 2/3 im Boden eingebunden. Allerdings dürfte der relativ große Überstand der Stekhölzer zu rascher Austrocknung und daraus folgend zu den schlechten Ergebnissen für diese Bauweise geführt haben. Deshalb wurden bei den 2001/2002 gebauten Palisaden die Stekhölzer stärker eingeschüttet, was sich im Beobachtungszeitraum als erfolgreich erwies.



Abbildung 21, 22 und 23: Errichtung einer Palisade (Thankot, Februar 2003)

4.4.4 Bambuskrainerwand

Die Krainerwand ist als Stützenverbauung eine sogenannte „kombinierte“ Bauweise, da sowohl lebende als auch tote Baumaterialien verwendet werden. Krainerwände erfüllen eine Stützfunktion als sogenannte Schwergewichtsmauer. In Österreich werden Krainerwände aus Holz gebaut, da dieses in Nepal zu teuer ist und als Brennholz dringend gebraucht wird, wurde versucht statt Holz Bambus zu verwenden.

Es handelt sich dabei um den ersten Versuch eine Krainerwand aus Bambus zu bauen und dementsprechend sind bei dieser Konstruktion in Zukunft noch Verbesserungen möglich. Bei der in Thankot und in Badikhel gebauten Bambuskrainerwänden handelt es sich um eine einwandige Konstruktion. Dabei wird zunächst eine ca. 1,1 m tiefe, leicht nach hinten geneigte Terrasse ausgehoben, darauf die erste horizontale Bambusreihe gelegt. Bei den Längs- und Querelementen werden entweder drei Stück Bambus mit Draht zusammengebunden und fixiert bzw. bei genügendem Durchmesser

des Bambus einzelne Stangen. Darauf werden dann die Zangen in einem Abstand von ca. 1,50 m in die Böschung eingeschlagen und mittels Draht mit den Bambusbündeln verbunden worden. Bei den herkömmlichen Holzkonstruktionen werden die Elemente vernagelt, dies ist bei Bambus nicht möglich, da er dann entlang der Längsfaser aufreißt und bricht. Auf die Zangen kommt das nächste horizontale Element, dann wieder Zangen und so weiter. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Wand 30 – 50% nach hinten geneigt ist. In die Freiräume zwischen den Zangen werden bewurzelte Pflanzen und Steckhölzer eingelegt und abschließend die Krainerwand mit Erde verfüllt. Zur besseren Sicherung wurde die Krainerwand zusätzlich mit *Erythrina aborescens*-Piloten vorne fixiert.



Abbildung 24, 25 und 26: Konstruktion einer Bambuskrainerwand (Thankot, Februar 2002)



Abbildung 27 und 28: Bambuskrainerwand nach 3 Monaten Wachstum, Thankot, Mai 2002 und Badikhel, August 2003.

5 Ergebnisse

Bei den Kontrolluntersuchungen zeigten die getesteten Arten durchwegs gutes Wachstum. Bei den Stechhölzern weisen *Salix tetrasperma* gefolgt von *Populus x euramericana*, *Duranta repens*, *Sambucus hookeri*, *Brassaiopsis hainla* und *Erythrina arborescens* die besten Wuchsergebnisse auf. Auch *Morus alba* mit der geringsten Austriebsrate von 45% liefert noch ein respektables Ergebnis. Bei den bewurzelten Pflanzen weisen alle getesteten Arten ein sehr gutes Wachstum und Überlebensraten von meist über 80% auf. Die Ergebnisse einzelner Bauweise werden in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben. Detaillierte Ergebnisse und Beschreibungen sind der Diplomarbeit von BELIHART und ERTL (September 2003) zu entnehmen.

5.1 Heckenbuschlagen

In den folgenden Abbildungen werden Überlebensrate, Sprossanzahl sowie Sprosslänge von verschiedener Pflanzenarten graphisch dargestellt.

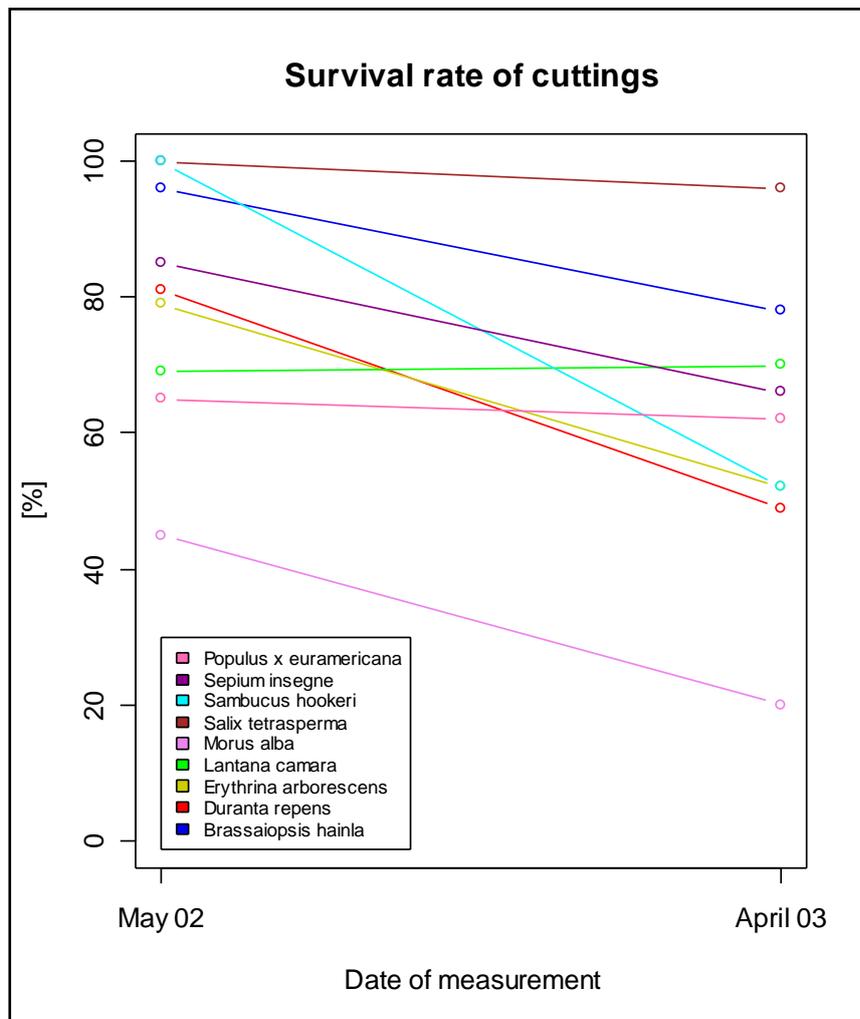


Abbildung 29 : Überlebensrate der Pflanzenarten (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

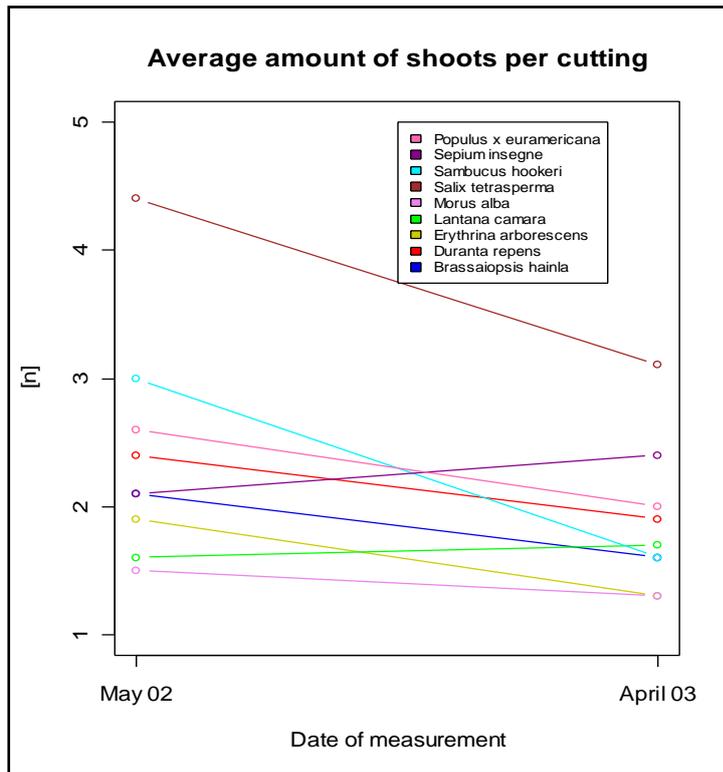


Abbildung 30 : Durchschnittliche Sprossanzahl der gewachsenen Steckhölzer (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

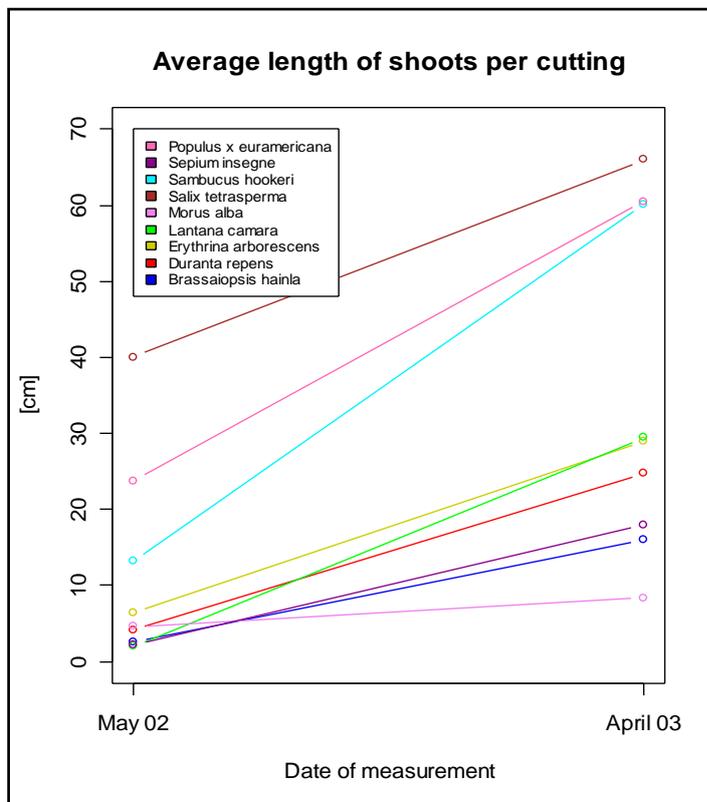


Abbildung 31 : Durchschnittliche Sprosslänge der gewachsenen Steckhölzer (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

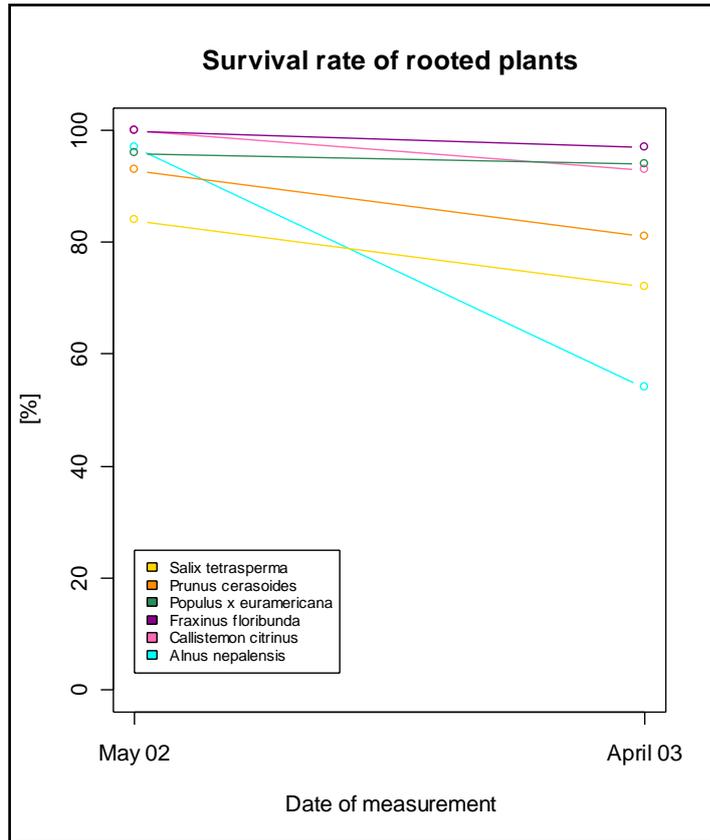


Abbildung 32 : Überlebensrate der bewurzelten Pflanzen (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

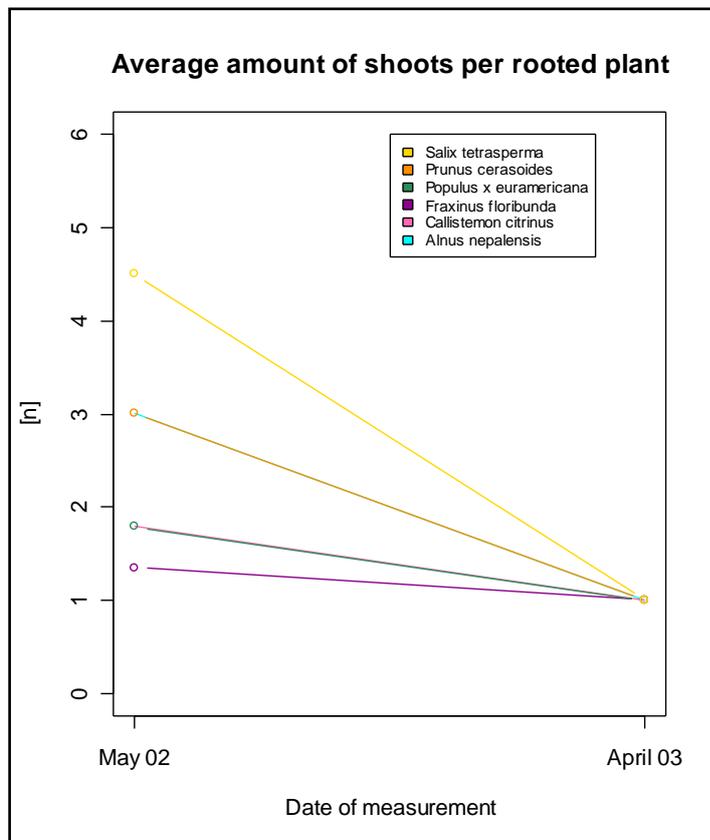


Abbildung 33 : Durchschnittliche Sprossanzahl der bewurzelten Pflanzen (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

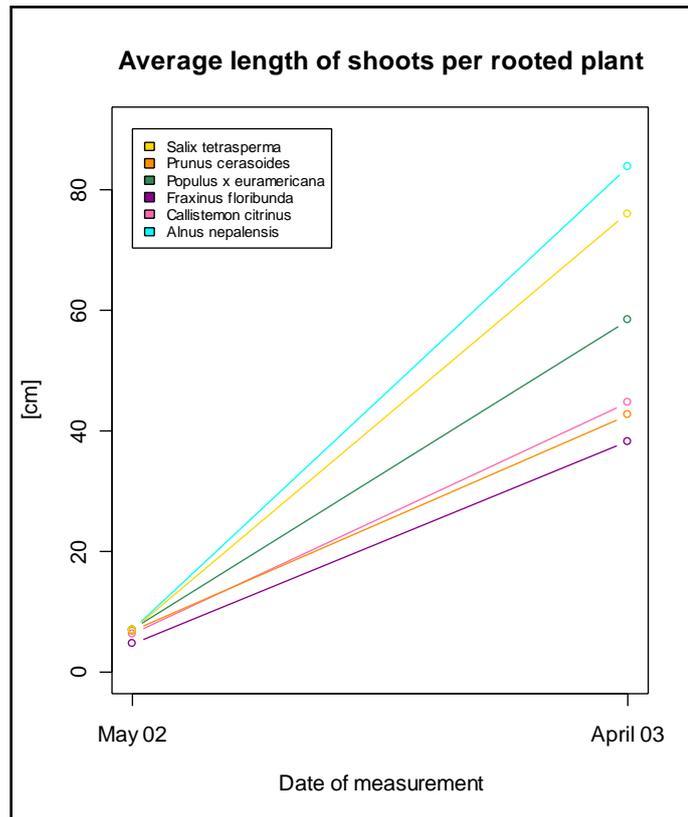


Abbildung 34 : Durchschnittliche Sprosslänge der bewurzelten Pflanzen (Gepflanzt im Dez. 2001, Heckenbuschlagen)

5.2 Bepflanzte Bambuskraierwände

Um die Eignung verschiedener Pflanzenarten zu testen wurden die gleichen Pflanzenarten auch in den Bambuskraierwänden verwendet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

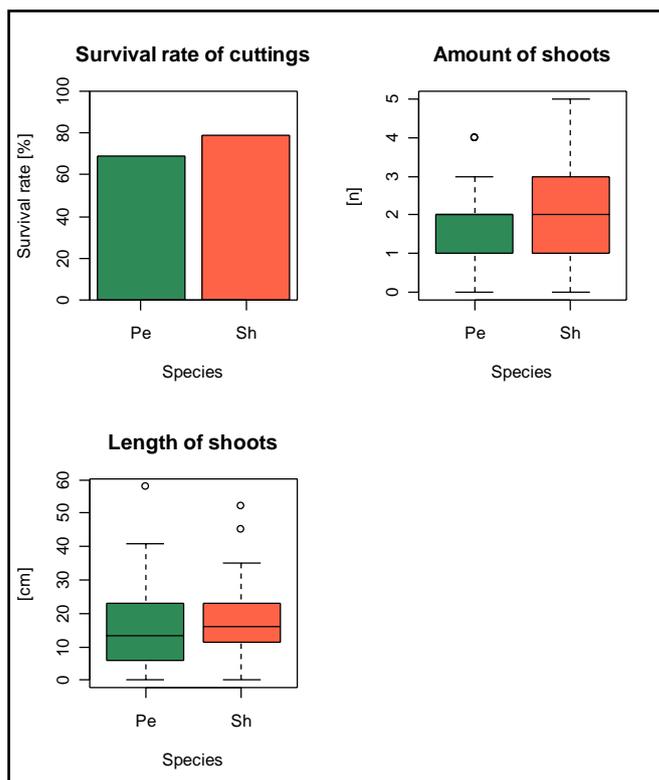


Abbildung 35 : Überlebensrate, Anzahl und Länge der Sprosse pro Steckholz (Bambuskraierwände).

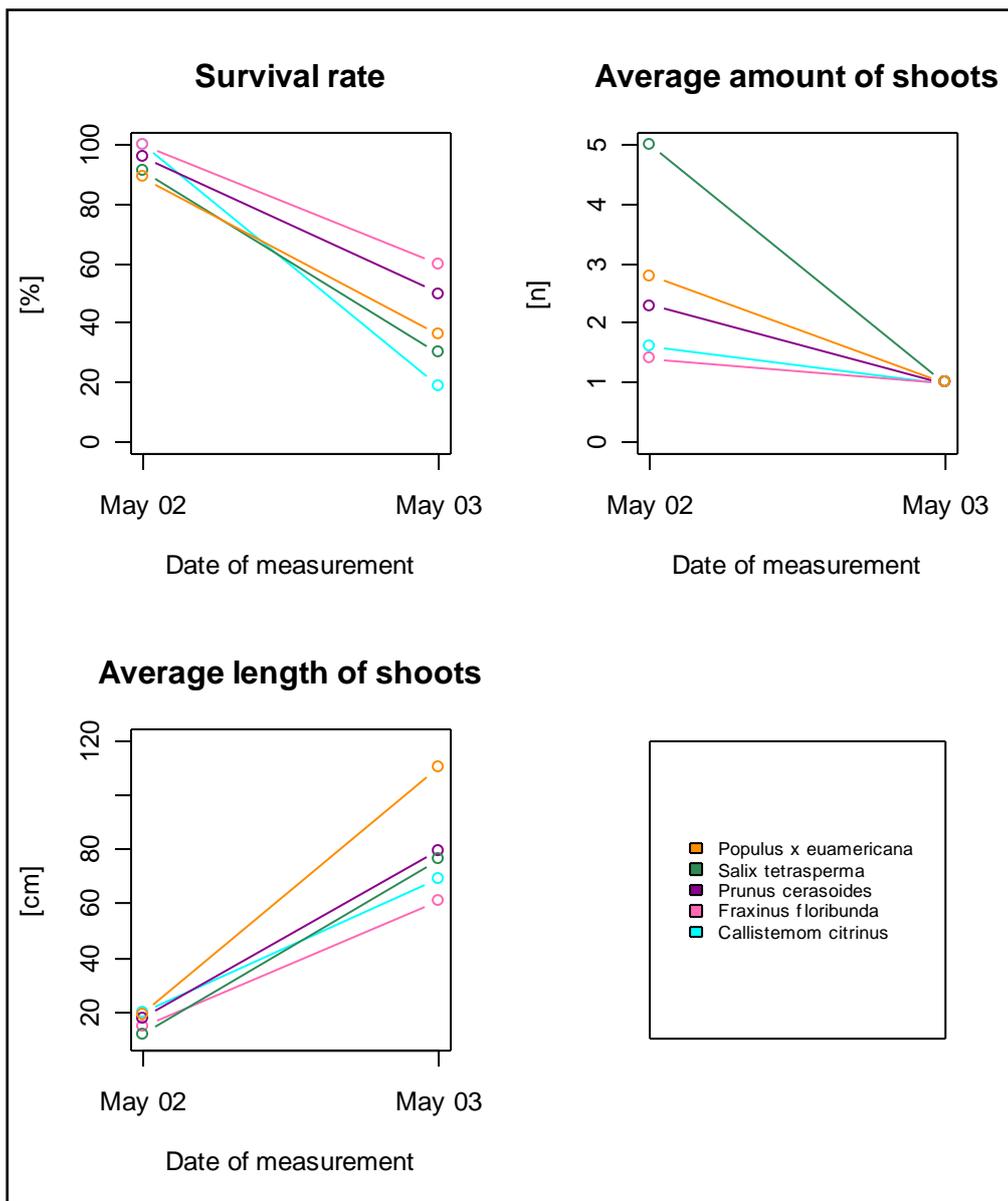


Abbildung 36 : Überlebensrate, Anzahl und Länge der Sprosse pro bewurzelter Pflanze (Bambuskraierwände)

Die Eignung von bepflanzten Bambuskraierwänden für ingenieurbiologische Hangsicherungsmaßnahmen wird in den kommenden Jahren als Dissertation von Madhu Sudan ACHARYA weiter untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind nach dem Abschluss der Dissertation verfügbar.

5.3 Drainfaschinen

Die Ergebnisse der gewachsenen Drainfaschinen werden in den folgenden Abbildungen dargestellt.

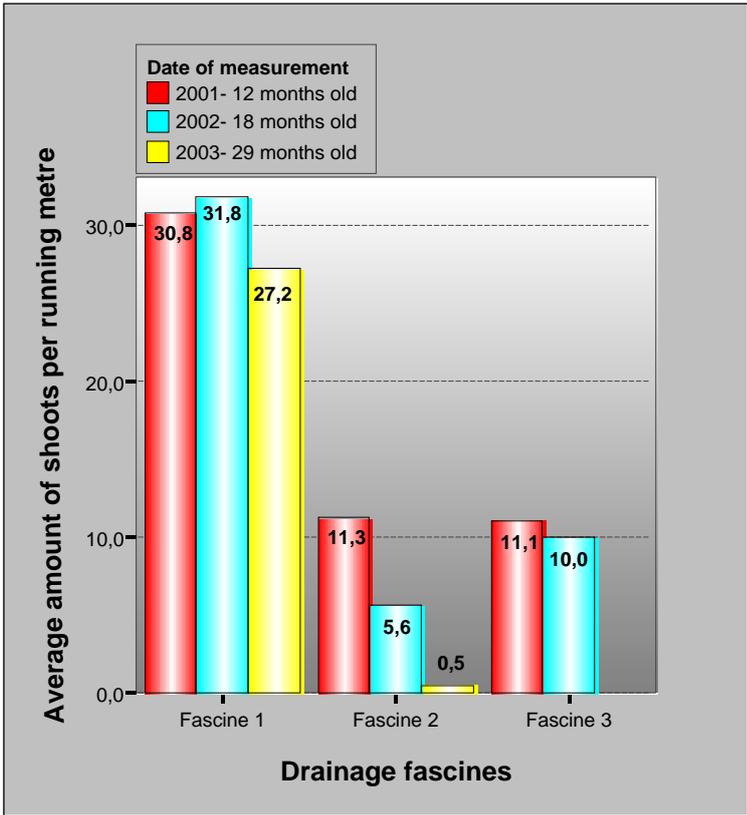


Abbildung 37 : Durchschnittlich Anzahl der Sprosse pro Laufmeter Drainfaschinen (2000/2001)

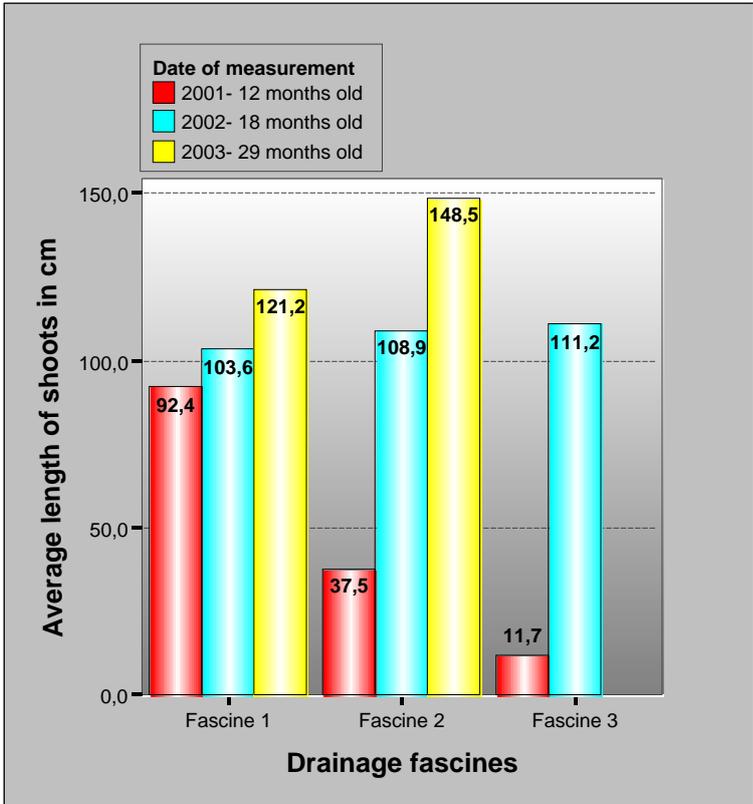


Abbildung 38 : Durchschnittliche Länge der Sprosse der Drainfaschinen (2000/2001)

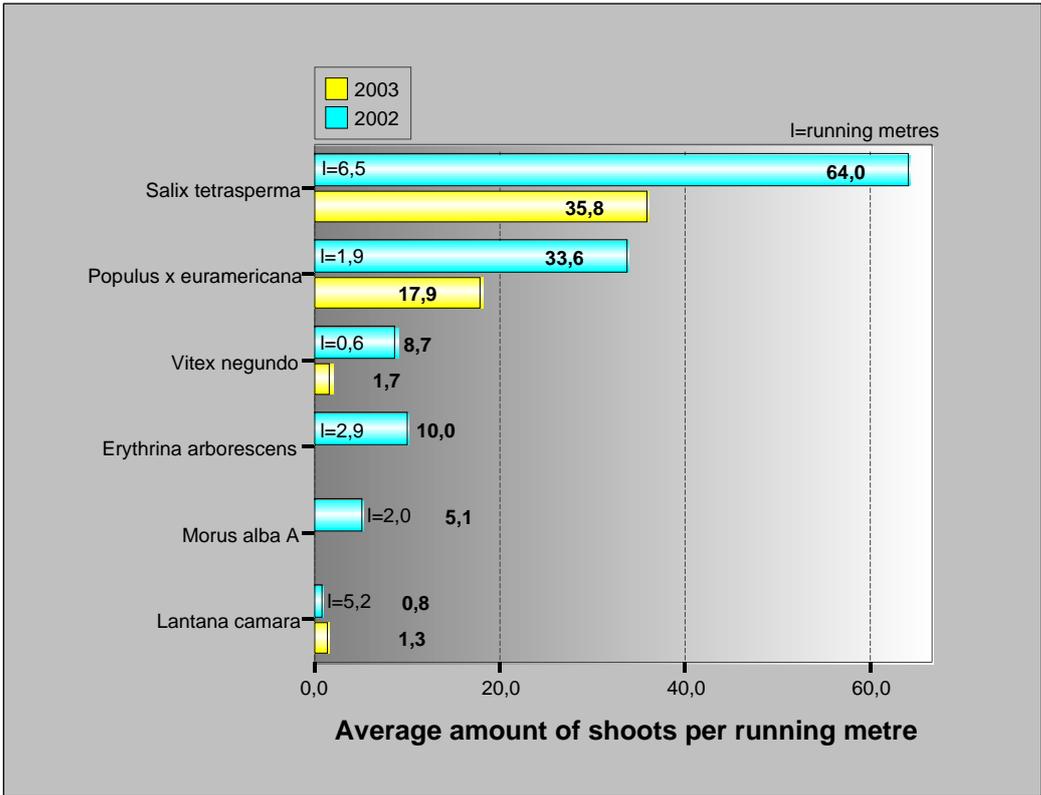


Abbildung 39 : Durchschnittlich Anzahl der Sprosse pro Laufmeter Drainfaschinen (2002/2003)

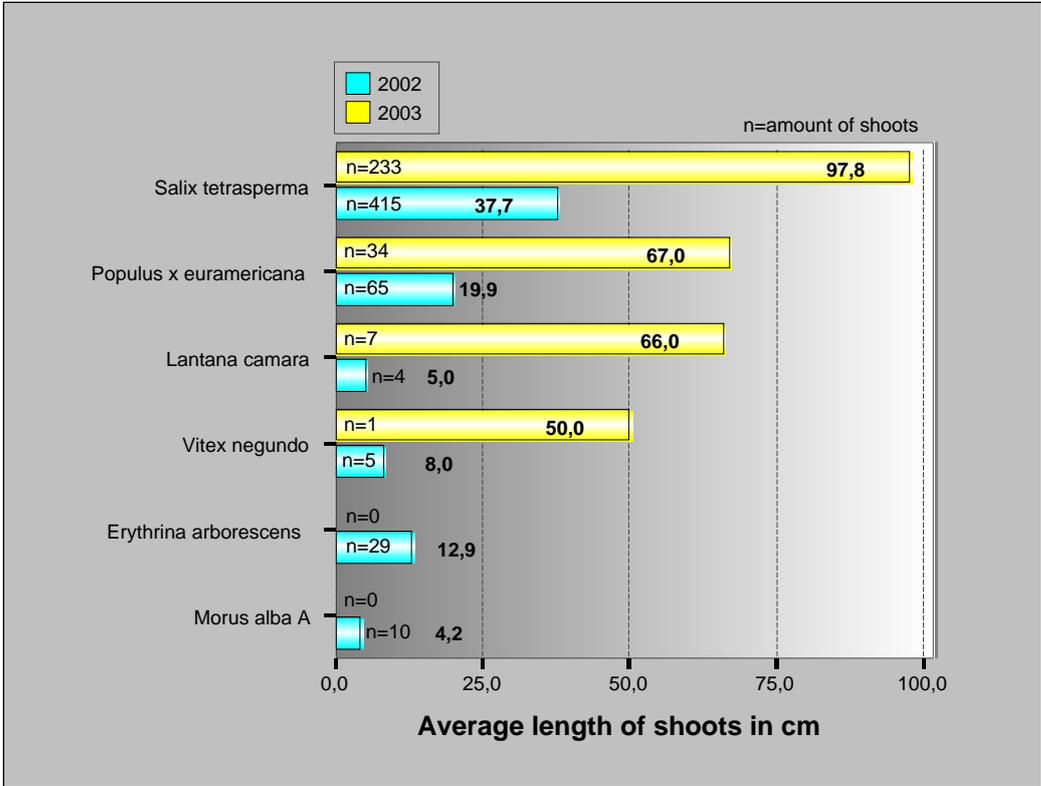


Abbildung 40 : Durchschnittliche Länge der Sprosse der Drainfaschinen (2002/2003)

5.4 Palisaden

Im November 2000 wurden vier Palisaden in Thankot eingebaut. Dabei sind insgesamt fünf Pflanzenarten nämlich *Salix tetrasperma*, *Morus alba*, *Prunus cerasoides* und *Erythrina arborescens* verwendet worden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

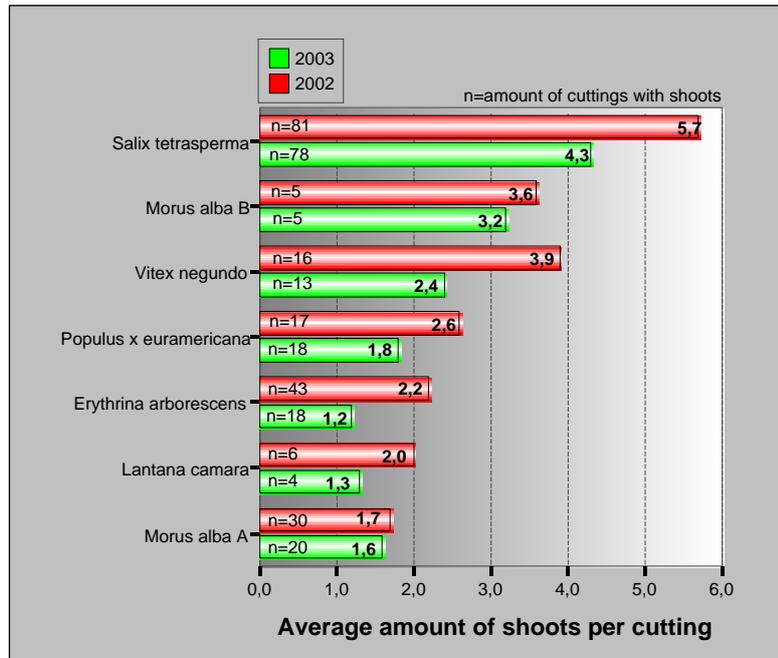


Abbildung 41 : Durchschnittliche Anzahl der Sprosse pro Steckholz (Palisade 2001/2002)

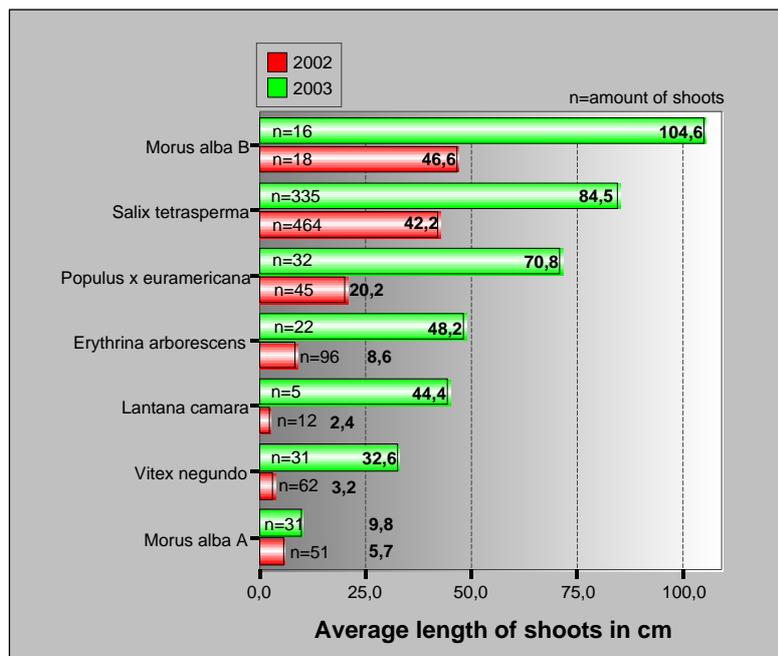


Abbildung 42 : Durchschnittliche Länge der Sprosse pro Steckholz(Palisade 2001/2002)

6 Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt über die Eignung und Anwendbarkeit von Pflanzen für ingenieurbiologische Hangsicherungsmethoden in Nepal läuft nun schon seit 5 Jahren. In den ersten 3 Jahren wurden verschiedene Pflanzenarten in Winterpflanzung mit verschiedenen ingenieurbiologischen Maßnahmen getestet. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Pflanzen gefunden wurden, die steckholzvermehrbar, sprosswurzelbildend und trockenheitsresistent sind und daher für die Errichtung ingenieurbiologischer Bauweisen während des Winters verwendet werden können. In den letzten 2 Jahren wurden auch unterschiedliche ingenieurbiologischen Bauweisen getestet um sichere und wirtschaftliche Lösungen für Hangsicherung in Nepal zu finden. Hier haben sich alle bisher getesteten Bauweisen als geeignet erwiesen.