

# Die Wurzelsysteme der Pflanzen als Grundlage für ihre Verwendung zu ingenieurb biologischen Hangsicherungen

H. M. SCHIECHTL

## Abstract:

For assessing the possibilities of nature conserving construction methods examples are presented showing the biotechnological abilities of root systems. Different root masses, root volumes and root stability of bushes and shrubs are listed in tables using data from literature and own investigations. The differences between construction methods are discussed in order to evaluate the results for practical application.

## Einleitung

Um die Möglichkeiten naturnaher Bauweisen mit lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen als Baustoff richtig beurteilen zu können, bedarf es eines umfangreichen Wissens über die biotechnischen Fähigkeiten dieser Pflanzen.

Neben der Fähigkeit zur Rohbodenbesiedelung, der Resistenz gegen auftretende Erosionskräfte und damit gegen Bodenbewegungen, Verschüttung und Steinschlag, raschen Wuchs in der Jugend und hoher Aufbaukraft, müssen die Pflanzen gelegentlich auch Dürreperioden und Überflutung ertragen können.

Alle diese Anforderungen bedingen ein leistungsfähiges Wurzelsystem zur Nahrungsaufnahme und zur Verankerung im Boden sowie die Fähigkeit zur Ausbildung adventiver Wurzeln.

## Untersuchungen

Aus den genannten Gründen befaßte ich mich seit Beginn meiner Tätigkeit als Ingenieurbio loge mit der Un-

tersuchung der Wurzelsysteme und ihrer Eigenschaften. Damals gab es zu dieser Thematik kaum Literatur.

Viele tausende Ausgrabungen und Ausspülungen im Rahmen meiner Tätigkeit bei der Wildbach- und Lawinerverbauung verschafften mir eine ausreichende Zahl von Meßdaten und Beobachtungsergebnissen, um zu generellen Aussagen zu gelangen.

Bereits 1949 begann I. RASCHENDORFER mit ihren Laboruntersuchungen über die Bewurzelungsfähigkeit und den Vegetationsrhythmus an vegetativ vermehrbaren Gehölzen (RASCHENDORFER 1953), denen bald gemeinsame Freilanduntersuchungen unter härteren Bedingungen folgten. Damit wurde geklärt, welche Pflanzenarten unter Baustellenbedingungen vegetativ vermehrbar sind und damit als Baumaterial für ingenieurbio logische Bauweisen in Betracht kommen. Diese ersten Arbeiten mündeten schließlich in die Standardwerke über die Weiden (SCHIECHTL 1992, 1996).

Die 1948 begonnenen Wurzeluntersuchungen wurden während meiner fast 50-jährigen Tätigkeit als Ingenieurbio loge stets weiterverfolgt und zwar sowohl bei den zahlreichen ausgeführten Verbauungen als auch in Form von Beobachtungen während und nach Naturkatastrophen.

## Die Ausbildung der Wurzelsysteme

Sie hängt von verschiedenen Umständen ab:

- von der Pflanzenart
- von den Standortverhältnissen
- von der ingenieurbio logischen Bauweise

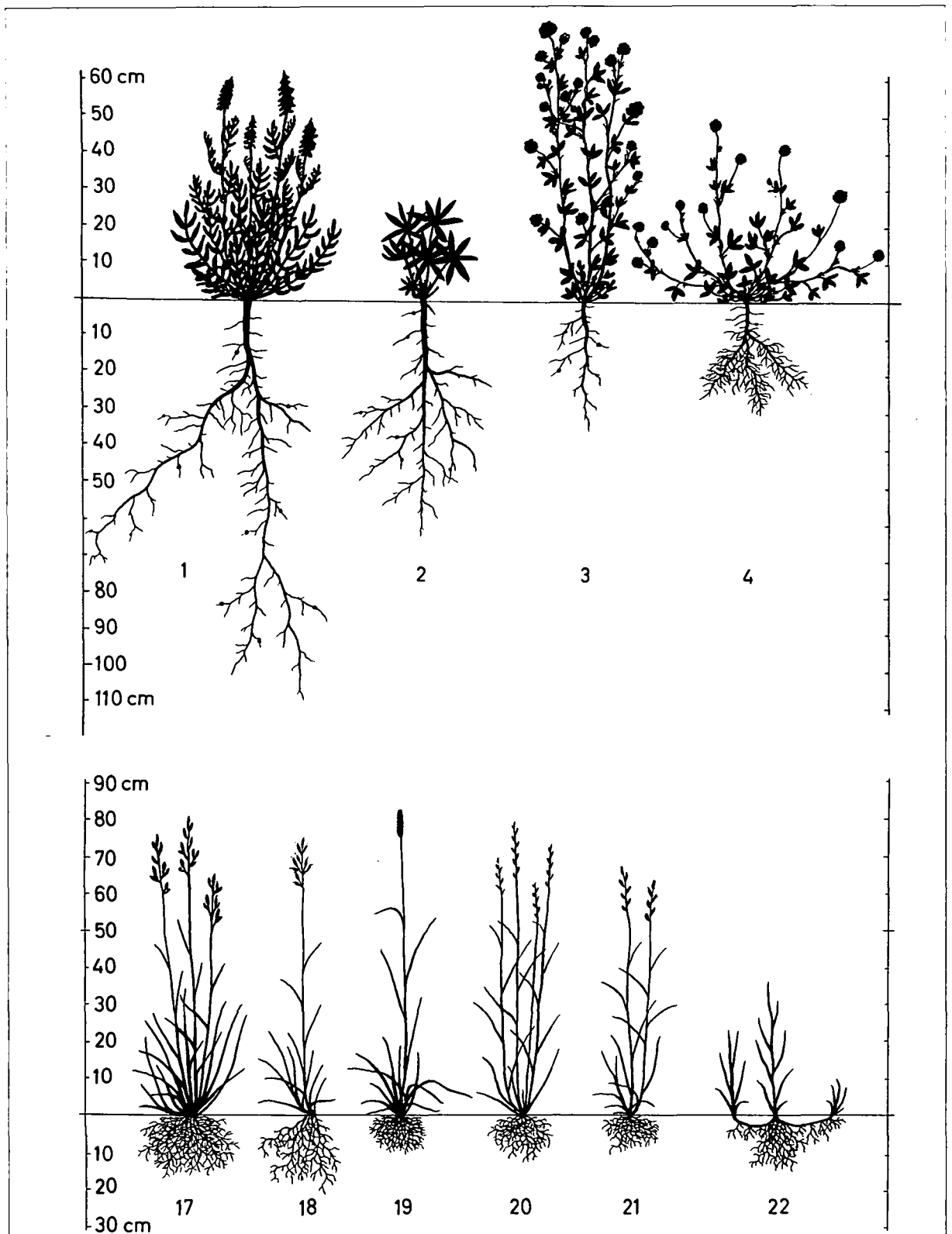


Abb. 1: Extensive Wurzelsysteme bei Leguminosen (oben) und intensive Wurzelsysteme bei Gräsern (unten). 2 Jahre alt.

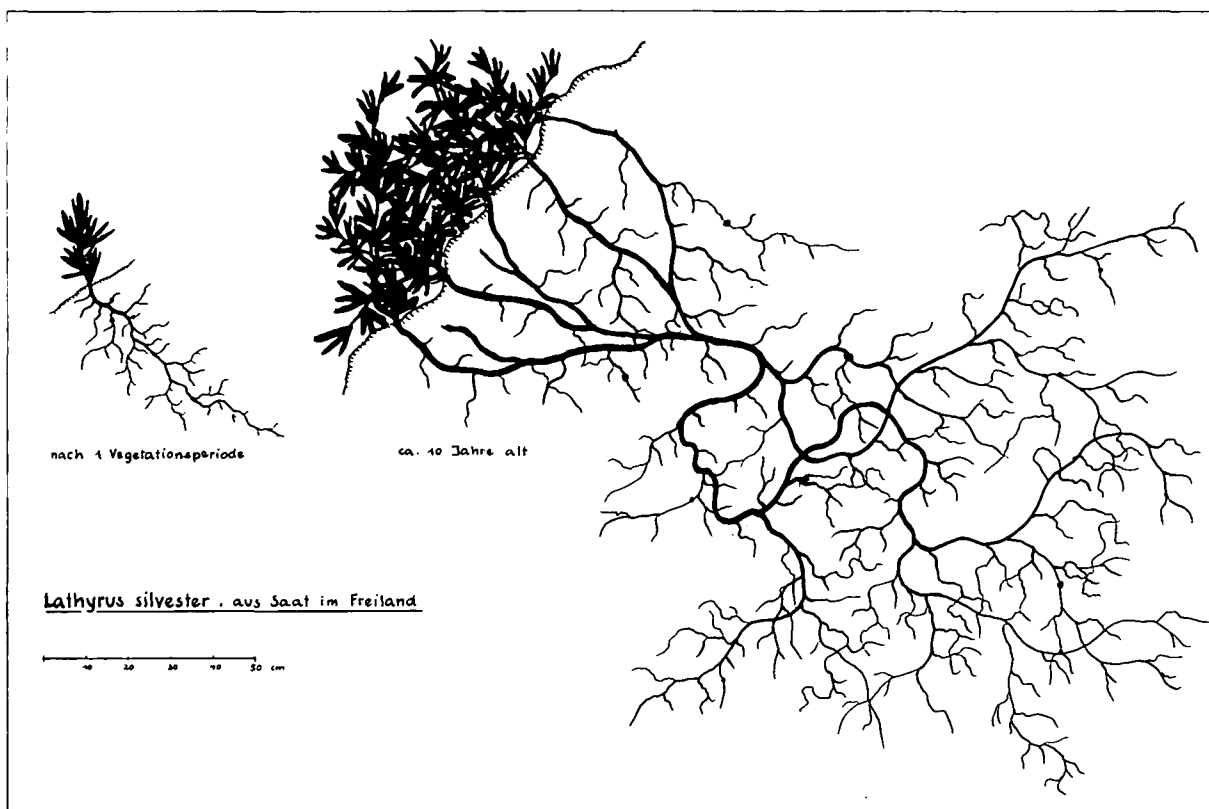


Abb. 2: Ausbildung eines extensiven Wurzelsystems bei Wald-Platterbse (*Lathyrus silvester*).

## 1. Abhängigkeit der Wurzelentwicklung von der Pflanzenart

Die Tendenz zur Ausbildung einer bestimmten Wurzelform ist artspezifisch, ebenso aber auch das Verhältnis von Triebvolumen zu Wurzelvolumen und die Zugfestigkeit der Wurzeln.

In der Literatur wurden von zahlreichen Autoren immer wieder verschiedene Bezeichnungen für beobachtete Wurzelformen genannt, etwa Pfahlwurzeln, Herzwurzeln, Flachwurzeln, Senkerwurzeln etc.

Bei meinen zahlreichen Untersuchungen insbesondere von Rohboden besiedelnden Pflanzen stellte ich fest, daß es eigentlich nur drei Wurzeltypen gibt, denen alle bisher genannten zugeordnet werden können:

- Intensivwurzler
- Extensivwurzler und
- eine Kombination aus beiden.

### 1.1. Wurzelformen

Die Tendenz zur Ausbildung bestimmter Wurzelformen haben wir also als artspezifisch erkannt. Die tatsächlich ausgebildete Wurzelform hängt aber stets auch von den Standortverhältnissen ab, vor allem der Bodendichte, dem Nährstoffgehalt und der Wasserversorgung.

Sowohl bei einjährigen als auch bei perennierenden Stauden gibt es große Unterschiede in der Wurzelform. So dringen Gräserwurzeln im allgemeinen nicht sehr tief in den Boden ein und entwickeln meist ein Intensiv-Wurzelsystem, wogegen verschiedene Kräuter sehr rasch Bodentiefen von mehr als einem Meter erreichen, ganz besonders einzelne Leguminosen (Abb. 1,2).

Für die ingenieurbiologische Praxis ist die Mischung von Flach- und Tiefwurzlern anzustreben. Dies ist bei der Zusammenstellung von Samenrezepturen von großer Wichtigkeit (Abb. 3).

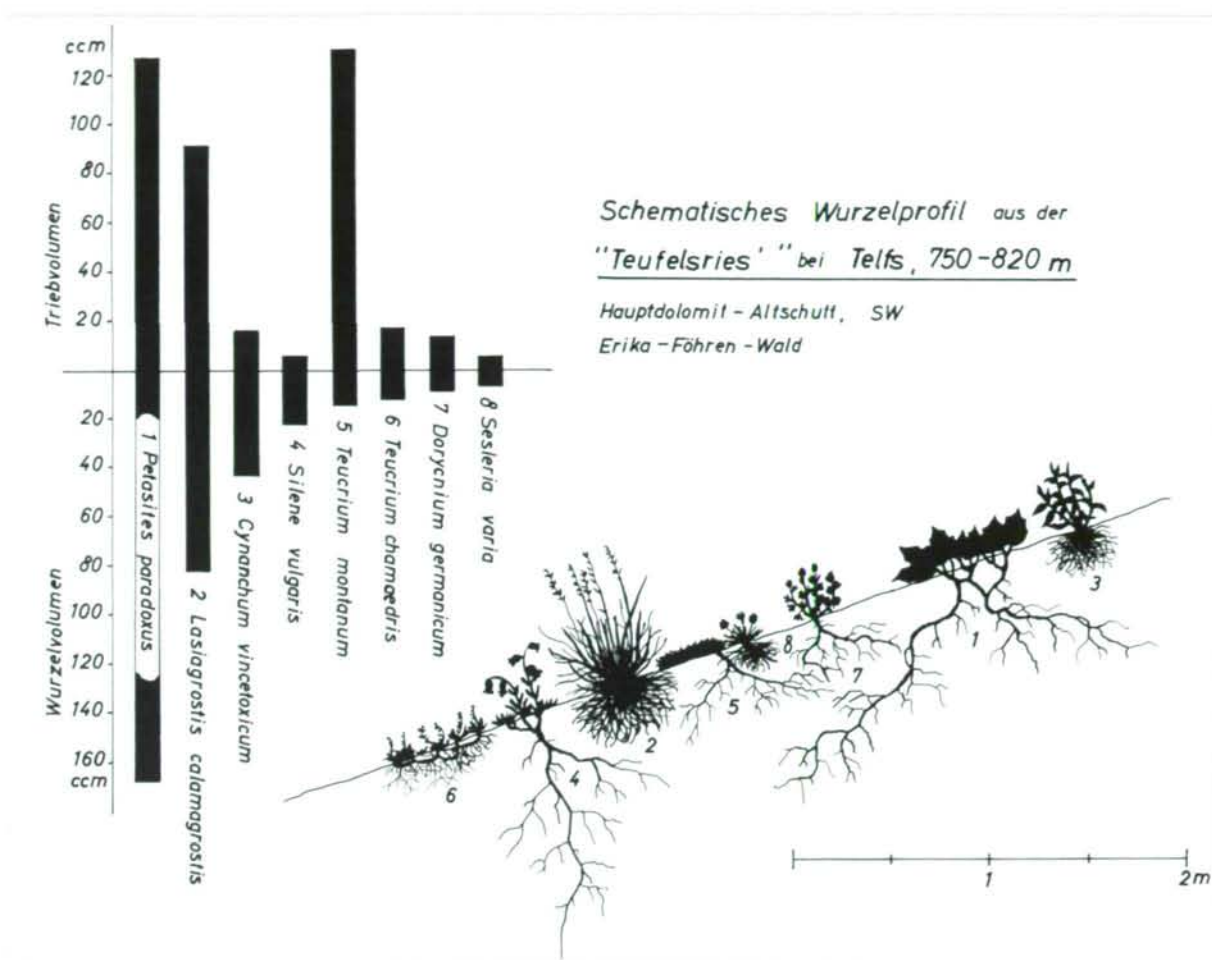


Abb. 3: Schematisches Wurzelprofil in einer Dolomitschutt-Rutschung.

## 1. 2. Wurzelmassen

Die Wurzelmasse spielt für die Bewehrung des Bodens eine große Rolle, genauso wie die Stahlmenge, die in einem Kubikmeter Beton enthalten ist.

Eine mehrjährige Rasengesellschaft weist eine Wurzelmasse von 300 bis 500 g/m<sup>2</sup> (Trockengewicht) auf, bei großem Anteil an Tiefwurzlern und Rhizompflanzen sogar ein Vielfaches davon. Sträucher und Bäume erreichen Wurzelmassen von einigen tausend Gramm pro Quadratmeter (Tabelle 1).

Tab.1: Wurzelvolumen spontaner Pionierpflanzen:

**Sträucher** (nur als Vergleichsobjekte, wobei relativ langsamwüchsige angeführt seien):

<i>Alnus viridis</i> , 15jährig	2300 cm <sup>3</sup>
<i>Salix appendiculata</i> , 12jährig	580 cm <sup>3</sup>
<i>Dryas octopetala</i>	11 cm <sup>3</sup>
<i>Globularia cordifolia</i>	11 cm <sup>3</sup>
<i>Erica carnea</i>	6 cm <sup>3</sup>

### Stauden und Halbsträucher

1 <i>Epilobium angustifolium</i>	300 cm <sup>3</sup>
2 <i>Petasites paradoxus</i>	140-160 cm <sup>3</sup>
3 <i>Urtica dioica</i>	160 cm <sup>3</sup>
4 <i>Aruncus silvester</i>	140 cm <sup>3</sup>
5 <i>Lasarpitium latifolium</i>	120 cm <sup>3</sup>
6 <i>Petasites albus</i>	100 cm <sup>3</sup>
7 <i>Rubus idaeus</i>	100 cm <sup>3</sup>
8 <i>Angelica silvestris</i>	100 cm <sup>3</sup>
9 <i>Silene alba</i>	97 cm <sup>3</sup>

10	<i>Valeriana tripteris</i>	95 cm <sup>3</sup>
11	<i>Achnatherum calamagrostis</i>	82 cm <sup>3</sup>
12	<i>Rumex scutatus</i>	67,2 cm <sup>3</sup>
13	<i>Rumex acetosella</i>	50 cm <sup>3</sup>
14	<i>Cynanchum vincetoxicum</i>	43 cm <sup>3</sup>
15	<i>Calamagrostis epigeios</i>	38 cm <sup>3</sup>
16	<i>Taraxacum officinale</i>	32 cm <sup>3</sup>
17	<i>Tussilago farfara</i>	30 cm <sup>3</sup>
18	<i>Saponaria ocyroides</i>	30 cm <sup>3</sup>
19	<i>Silene vulgaris</i>	22 cm <sup>3</sup>
20	<i>Solanum dulcamara</i>	20,5 cm <sup>3</sup>
21	<i>Hieracium staticifolium</i>	20 cm <sup>3</sup>
22	<i>Adenostyles glabra</i>	20 cm <sup>3</sup>
23	<i>Hieracium aurantiacum</i>	15 cm <sup>3</sup>
24	<i>Calamagrostis varia</i>	15 cm <sup>3</sup>
25	<i>Calamagrostis villosa</i>	14 cm <sup>3</sup>
26	<i>Teucrium montanum</i>	14 cm <sup>3</sup>
27	<i>Gypsophila repens</i>	13 cm <sup>3</sup>
28	<i>Deschampsia caespitosa</i>	13 cm <sup>3</sup>
29	<i>Achillea moschata</i>	12,7 cm <sup>3</sup>
30	<i>Teucrium chamaedrys</i>	12 cm <sup>3</sup>
31	<i>Equisetum arvense</i>	11 cm <sup>3</sup>
32	<i>Carduus defloratus</i>	9 cm <sup>3</sup>
33	<i>Prunella grandiflora</i>	9 cm <sup>3</sup>
34	<i>Dorycnium germanicum</i>	9 cm <sup>3</sup>
35	<i>Hippocrepis comosa</i>	8,5 cm <sup>3</sup>
36	<i>Sesleria varia</i>	8,5 cm <sup>3</sup>
37	<i>Hieracium inthybaceum</i>	8,1 cm <sup>3</sup>
38	<i>Trisetum distichophyllum</i>	8 cm <sup>3</sup>
39	<i>Buphthalmum salicifolium</i>	7 cm <sup>3</sup>
40	<i>Euphorbia cyparissias</i>	6,9 cm <sup>3</sup>
41	<i>Fragaria vesca</i>	6 cm <sup>3</sup>
42	<i>Anthyllis vulneraria</i>	6 cm <sup>3</sup>
43	<i>Gnaphalium norvegicum</i>	6 cm <sup>3</sup>
44	<i>Leontodon hispidus</i>	5 cm <sup>3</sup>
45	<i>Cirsium arvense</i>	5 cm <sup>3</sup>
46	<i>Senecio fuchsii</i>	4 cm <sup>3</sup>
47	<i>Germanium robertianum</i>	4 cm <sup>3</sup>
48	<i>Campanula persicifolia</i>	4 cm <sup>3</sup>
49	<i>Leontodon incanus</i>	4 cm <sup>3</sup>
50	<i>Lotus corniculatus</i>	4 cm <sup>3</sup>
51	<i>Campanula cochleariifolia</i>	4 cm <sup>3</sup>
52	<i>Plantago lanceolata</i>	4 cm <sup>3</sup>
53	<i>Saxifraga mutata</i>	3,4 cm <sup>3</sup>
54	<i>Calamintha alpina</i>	3 cm <sup>3</sup>
55	<i>Thymus serpyllum</i> sp.	3 cm <sup>3</sup>
56	<i>Linaria alpina</i>	3 cm <sup>3</sup>
57	<i>Potentilla erecta</i>	3 cm <sup>3</sup>
58	<i>Galium pumilum</i>	3 cm <sup>3</sup>
59	<i>Cardamine impatiens</i>	2 cm <sup>3</sup>
60	<i>Carex flacca</i>	2 cm <sup>3</sup>
61	<i>Saxifraga aizoides</i>	2 cm <sup>3</sup>
62	<i>Festuca ovina</i>	1,8 cm <sup>3</sup>
63	<i>Biscutella laevigata</i>	0,6 cm <sup>3</sup>
64	<i>Parnassia palustris</i>	0,4 cm <sup>3</sup>
65	<i>Valeriana saxatilis</i>	0,2 cm <sup>3</sup>
66	<i>Luzula albida</i>	0,2 cm <sup>3</sup>

Die größten Wurzelmassen werden natürlich von mehrschichtigen Pflanzenbeständen erreicht, die also von Gräsern, Kräutern, Sträuchern und Bäumen gebildet werden.

Bei Pionierpflanzen auf Rohböden können wir feststellen, daß die Wurzelmassen oft die Massen der Triebe übersteigen, manchmal sogar um ein Mehrfaches. Meine Erhebungen ergaben, daß jene Pflanzen, deren Wurzelmasse größer als die Triebmasse ist, besonders wertvoll für die Festigung des Bodens sind (Tabelle 2).

Tab. 2: Verhältniswerte Triebvolumen: Wurzelvolumen spontaner Pionierpflanzen:

## Sträucher

<i>Salix glabra</i>	2,4
Wurzelvolumen	2,4
Triebvolumen	1,0
<i>Viburnum lantana</i>	2,3
<i>Erica carnea</i>	2,0
<i>Salix elaeagnos</i>	1,8
<i>Salix nigricans</i>	1,8
<i>Salix appendiculata</i>	1,7
<i>Alnus viridis</i>	1,6
<i>Salix purpurea</i>	1,5
<i>Fraxinus excelsior</i>	1,5
<i>Lonicera xylosteum</i>	1,3
<i>Ligustrum vulgare</i>	1,2
<i>Rhamnus cathartica</i>	1,2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1,1
<i>Populus tremula</i>	1,1
<i>Rubus idaeus</i>	1,1
<i>Hippophae rhamnoides</i>	1,0
<i>Globularia cordifolia</i>	0,9
<i>Rosa canina</i>	0,9
<i>Cornus sanguinea</i>	0,7
<i>Berberis vulgare</i>	0,6
<i>Dryas octopetala</i>	0,6
<i>Salix alba</i>	0,5
<i>Populus nigra</i>	0,4
<i>Salix triandra</i>	0,4
<i>Clematis vitalba</i>	0,14

## Stauden

<i>Equisetum arvense</i>	5,5
<i>Rumex scutatus</i>	5,0
<i>Silene vulgaris</i>	3,7
<i>Laserpitium latifolium</i>	3,4
<i>Leontodon hispidus</i>	2,8
<i>Cynanchum vincetoxicum</i>	2,7
<i>Hieracium murorum</i>	2,6
<i>Leontodon incanus</i>	2,6
<i>Trisetum distichophyllum</i>	2,6
<i>Prunella grandiflora</i>	2,5
<i>Rubus saxatilis</i>	2,0
<i>Valeriana tripteris</i>	1,9
<i>Hieracium staticifolium</i>	1,8
<i>Carduus defloratus</i>	1,7
<i>Campanula cochleariifolia</i>	1,7

<i>Gypsophila repens</i>	1,7	<i>Artemisia vulgaris</i>	0,7
<i>Deschampsia caespitosa</i>	1,6	<i>Lotus corniculatus</i>	0,7
<i>Calamagrostis villosa</i>	1,6	<i>Urtica dioica</i>	0,7
<i>Calamintha alpina</i>	1,5	<i>Saponaria ocymoides</i>	0,7
<i>Geranium robertianum</i>	1,5	<i>Carex flacca</i>	0,6
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	1,4	<i>Dorycnium germanicum</i>	0,6
<i>Petasites paradoxus</i>	1,4	<i>Rumex acetosella</i>	0,6
<i>Sesleria varia</i>	1,3	<i>Senecio carniolicus</i>	0,6
<i>Taraxacum officinalis</i>	1,3	<i>Saxifraga aizoides</i>	0,6
<i>Thymus serpyllum</i> sp.	1,3	<i>Biscutella laevigata</i>	0,5
<i>Calamagrostis varia</i>	1,2	<i>Calamagrostis epigeios</i>	0,5
<i>Epilobium angustifolium</i>	1,1	<i>Fragaria vesca</i>	0,5
<i>Festuca ovina</i>	1,1	<i>Hieracium inthybaceum</i>	0,5
<i>Aruncus silvester</i>	1,1	<i>Campanula persicifolia</i>	0,4
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	1,0	<i>Cardamine impatiens</i>	0,4
<i>Linaria alpina</i>	1,0	<i>Galium pumilum</i>	0,4
<i>Petasites albus</i>	1,0	<i>Parnassia palustris</i>	0,4
<i>Solanum dulcamara</i>	1,0		
<i>Adenostyles glabra</i>	0,9		
<i>Artemisia absinthium</i>	0,9		
<i>Potentilla erecta</i>	0,9		
<i>Anthyllis vulneraria</i>	0,8		
<i>Gnaphalium norvegicum</i>	0,8		
<i>Hippocrepis comosa</i>	0,8		
<i>Silene alba</i>	0,8		
<i>Tussilago farfara</i>	0,8		
<i>Achillea millefolium</i>	0,7		
<i>Achillea moschata</i>	0,7		

### 1. 3. Festigkeit der Pflanzenwurzeln

So wie bei der Bewehrung des Betons auch die Stahlgüte entscheidend ist, ist für die Festigkeit des Bodens nicht nur die Anzahl der Pflanzenwurzeln maßgebend, sondern auch die Zugfestigkeit derselben und die Scherfestigkeit des Verbundes Wurzeln/Boden.

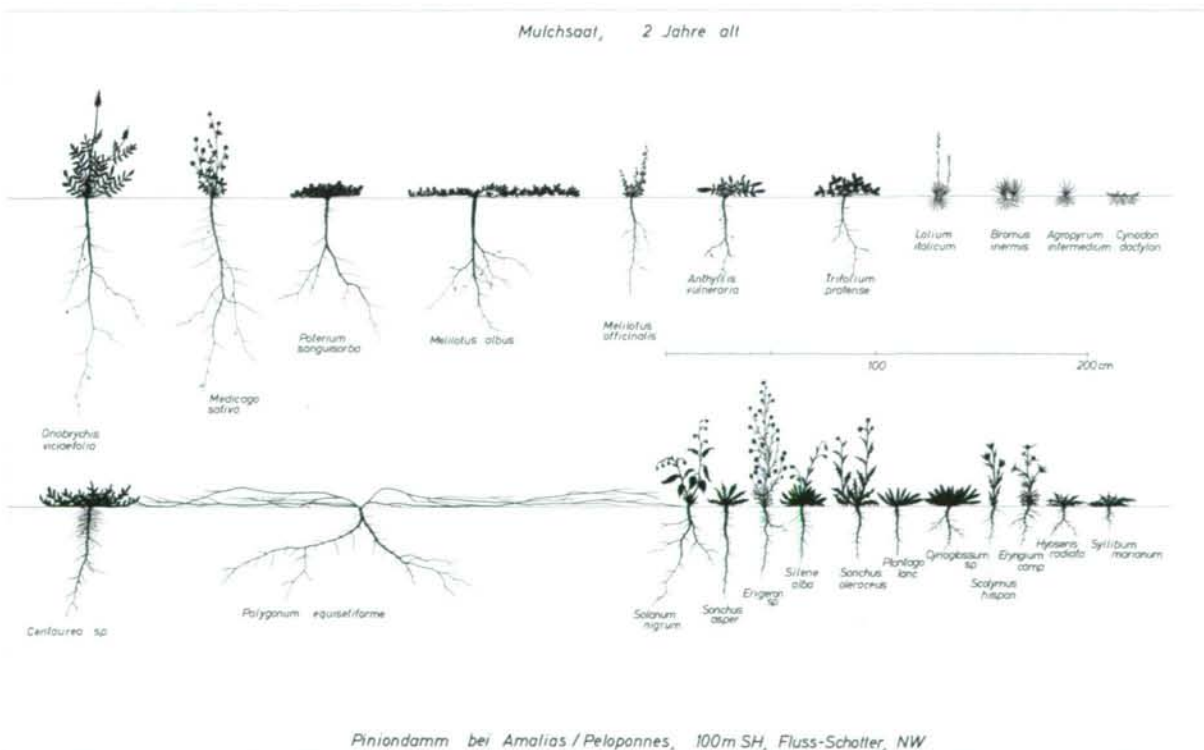


Abb. 4: Bewurzelung einer Mulchsaat in einem Trockengebiet nach 2 Jahren. Pinion-Staudamm, Peloponnes, Griechenland.

## 1-jährige Mulchsaaten auf verschiedenen Böden

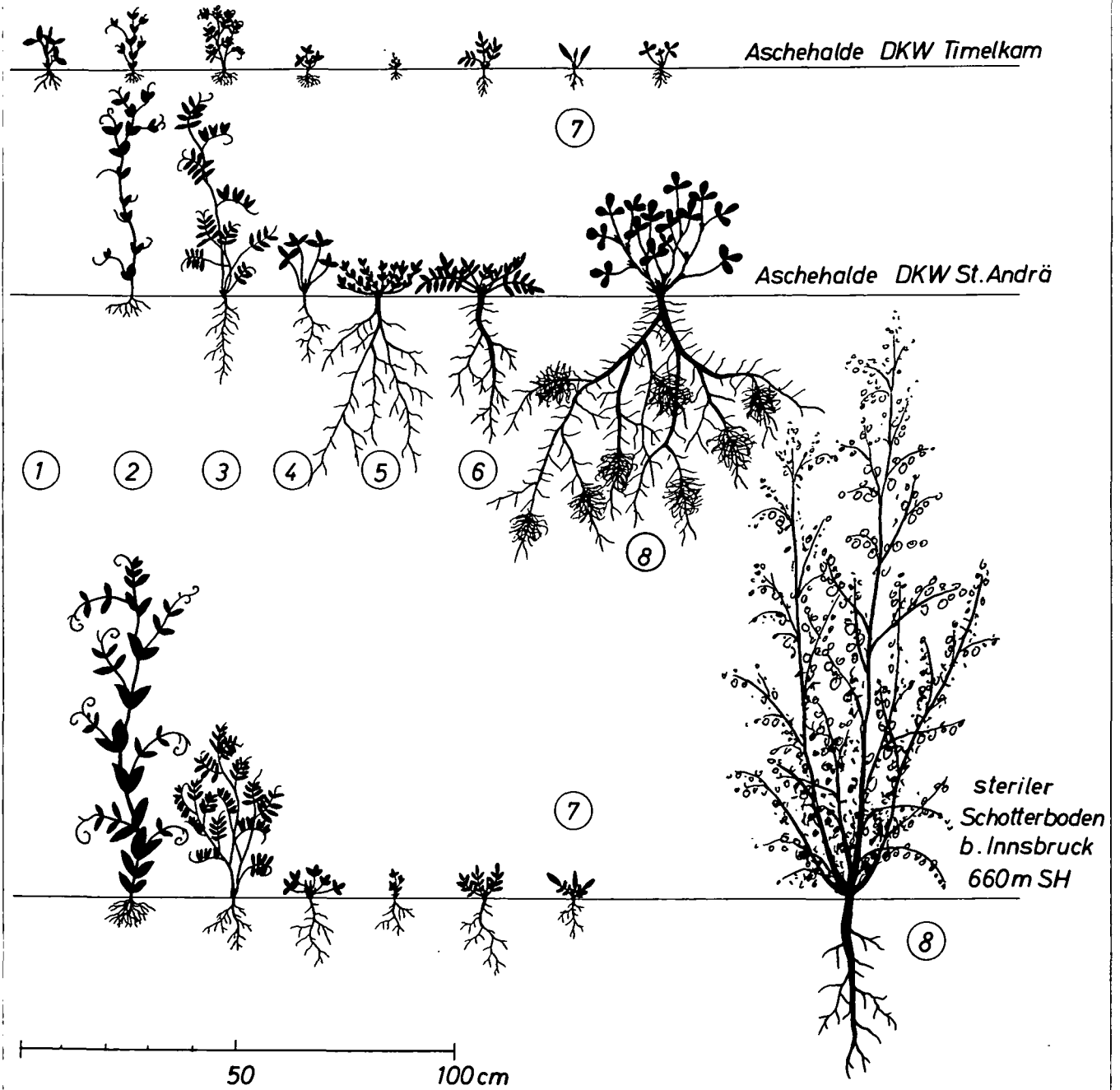


Abb.5: Unterschiedliche Bewurzelung einer Mulchsaat auf sterilem Kalkschotter und auf einer toxischen Braunkohlen-Aschehalde nach einem Jahr.

Aus diesem Grund hat schon STINY (1947) erste Versuche über die Zugfestigkeit von Pflanzenwurzeln ausgeführt, denen später weitere Autoren folgten.

Dabei ergaben sich erstaunlich hohe Werte (Tabelle 3). Diese Zahlen machen verständlich, warum lebende Bauwerke so stabil sind und enormen Kräften widerstehen können.

Tab. 3: Festigkeit von Pflanzenwurzeln in  $\text{kg}/\text{cm}^2$ :

Species	Quelle	Max.	Min.	Mittel aus 15 Wiederholungen
<i>Agropyron repens</i>	STINY	253	72	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	STINY	48	19	
<i>Artemisia campestris</i>	SCHIECHTL	264	91	
<i>Atriplex patulum</i>	STINY	306	93	
<i>Campanula trachelium</i>	STINY	37	0	
<i>Capsella bursa pastoris</i>	STINY	101	37	
<i>Convolvulus arvensis</i>	STINY	210	48	
<i>Medicago sativa</i>	SCHIECHTL	665	254	
<i>Plantago lanceolata</i>	STINY	74	40	
<i>Plantago major</i>	STINY	60	26	
<i>Populus nigra</i>	SCHIECHTL	120	49	
<i>Rumex conglomeratus</i>	STINY	62	14	
<i>Salix fragilis</i>	HILLER	255	97	179
<i>Salix dasyclados</i>	HILLER	256	94	177
<i>Salix elaeagnos</i>	HILLER	163	115	150
<i>Salix helvetica</i>	HILLER	240	76	139
<i>Salix hastata</i>	HILLER	178	86	131
<i>Salix starkeana</i>	HILLER	203	88	127
<i>Salix cinerea</i>	HILLER	122	89	109
<i>Salix hegetschweileri</i>	HILLER	145	68	94
<i>Solanum nigrum</i>	STINY	389	162	
<i>Taraxacum officinale</i>	STINY	44	0	
<i>Trifolium pratense</i>	STINY	185	109	

Scherfestigkeit von Pflanzenwurzeln in $\text{kg}/\text{cm}^2$			
<i>Artemisia campestris</i>	SCHIECHTL	477	65
<i>Medicago sativa</i>	SCHIECHTL	262	103
<i>Populus nigra</i>	SCHIECHTL	105	101

Es wurden auch bereits fiktive Einzelfälle durchgerechnet (HÄHNE 1997, OPLATKA 1995, SCHAARSCHMIDT & KONECNY 1971, SCHUPPENER 1997) und es gibt auch bereits eine deutsche Richtlinie zur Sicherung von Böschungen durch Pflanzen mit Berechnungsbeispielen (HOFMANN 1997).

Ich bin der Meinung, daß solche Berechnungen der Standsicherheit bei ingenieurb biologischen Bauwerken nur in Sonderfällen sinnvoll sind.

## 2. Abhängigkeit vom Standort

Trotz der geschilderten artspezifischen Ausbildung der Wurzelformen erfährt diese je nach Standort unterschiedliche Abweichungen und zwar je nach Nährstoffgehalt und Wasserversorgung, Dichte und Toxizität des Bodens.

Pflanzen, die in einem nährstoffreichen Boden wachsen, haben keinen Anlaß, in nährstoffärmere Schichten vorzudringen. Dasselbe gilt auch für gut wasserversorgte Oberböden. Auf Trockenstandorten hingegen tendieren die Pflanzen zum raschen Vordringen in tiefere, feuchtere Schichten (Abb. 4, 5) Auch auf toxischen Substraten kommt es schon im ersten Lebensjahr zu Abänderungen in der Ausbildung der Wurzelsysteme (Abb. 5).

Die Bodendichte übt einen starken Einfluß auf die Wurzel ausformung aus.



Abb.6: Bewurzelung von Weiden-Steckhölzern in einem Steinpflaster über Bitumendichtung, 8 Jahre alt.





Abb. 7: Bildung von Adventivwurzeln nach Überschotterung eines Waldbestandes. Es ist deutlich erkennbar, daß die Fichten die Überschotterung schlechter ertragen als die Kiefern.

Stein und Beton kann natürlich nicht durchwurzelt werden. In Klüfte können jedoch bei beiden die Wurzeln sehr tief eindringen, ja dies sind sogar relativ günstige Verhältnisse für die Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen. Durch den sekundären Dickenzuwachs der verholzenden Wurzeln kann es dann zu erheblichen Zerstörungen am Mauerwerk kommen.

Steine und Blöcke im Boden werden von den Pflanzenwurzeln umgangen (Abb. 6).

Dichte Bodenschichten, etwa aus Ton, oder künstlich hergestellte Abdichtungssysteme (z. B. Schmalwände) sind ein Hindernis für die Pflanzenwurzeln. Bisher wurde kein einziger Fall bekannt, bei dem es zu einer Durchwurzlung von Schmalwänden oder Dichtungskernen gekommen wäre.

In Erosionsgebieten finden immer wieder Niveauverschiebungen des Bodens statt, also Abtrag und Auflandung im Wechsel. Pionierpflanzen, die solche Standorte besiedeln, müssen deshalb die Fähigkeit besitzen, beides zu ertragen.

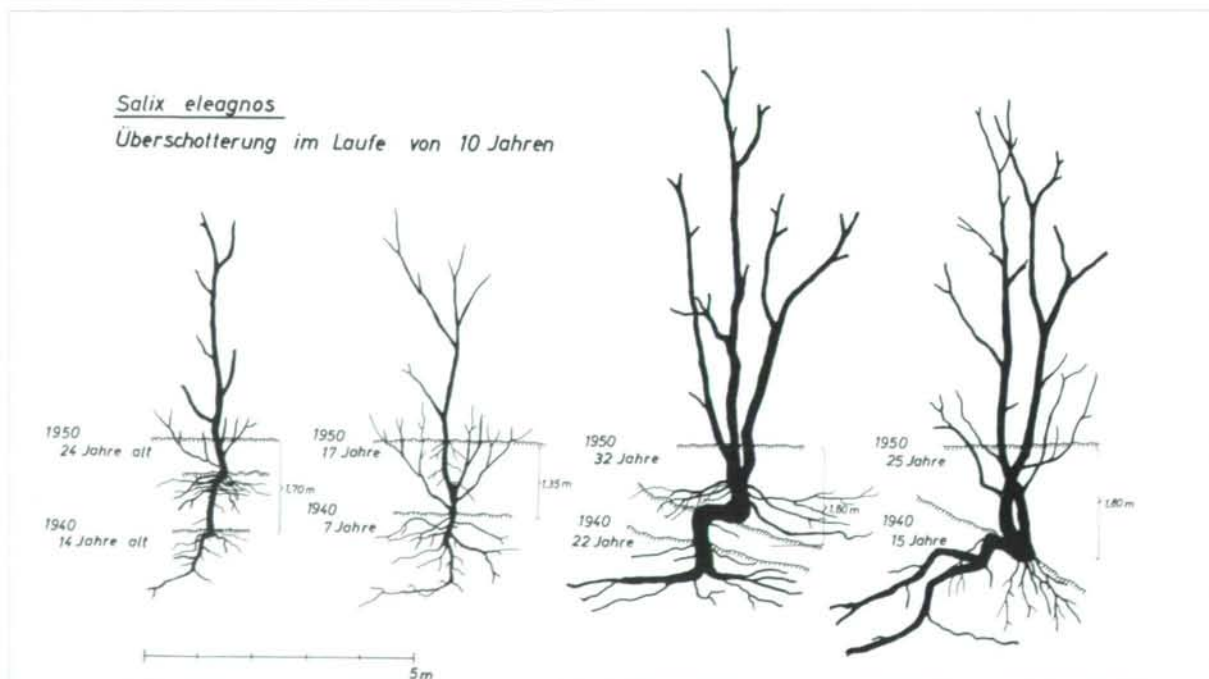


Abb. 8: Beispiele adventiver Wurzelbildung nach Überschotterung bei der Grauweide (*Salix elaeagnos*).



Abb. 9: Adventive Wurzelbildung bei einer Silberweide (*Salix alba*), die ein Jahr lang eingeschüttet war.

Viele Pflanzen reagieren auf derartige Ereignisse durch Bildung adventiver Wurzelsysteme, die schließlich nach Absterben der ursprünglichen Wurzelstagen die Aufgabe zur Nährstoffversorgung übernehmen (Abb. 7-9).

Eine weitere Reaktion auf Bodenbewegungen in Hängen, wo hierdurch dauernde Zugspannungen entstehen, ist die Ausbildung kräftiger Ankerwurzeln, die meist waagrecht in die Tiefe reichen oder sogar leicht nach oben gerichtet sind und offensichtlich den Pflanzen am Hang Halt geben sollen. KUMAGAI (mündliche Mitteilung) wies nach, daß solche Ankerwurzeln höhere Zugspannungen aufnehmen können als solche, die nur der Nährstoffaufnahme dienen.

Längere und periodische Überflutungen werden nur von wenigen Pflanzenarten schadlos ertragen, in Mitteleuropa vor allem von Weiden. Schadlose Überflutung in der Dauer von einigen Tagen bis zu sechs Wochen wurde bei

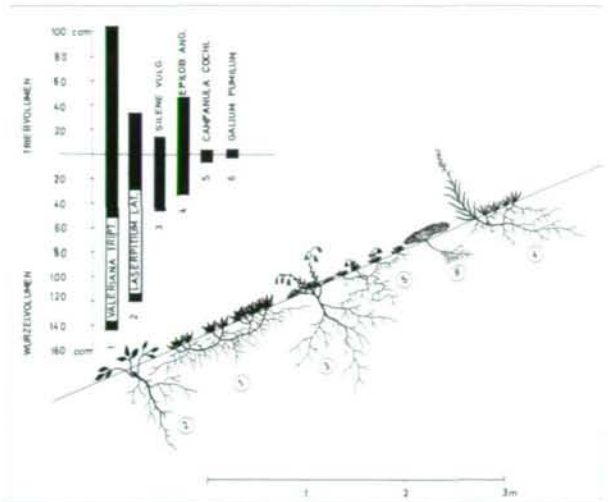


Abb. 10: Wurzelbildung in einer Ansaat auf einem Kalkschutt-Rohboden.

mehreren Weidenarten beobachtet, dauernde Überflutung bis zu einem Drittel der Stammhöhe jedoch nur bei der Silberweide (*Salix alba*).

Während der Überflutung bilden einige Weidenarten lange, quastenförmige, im Wasser flutende Wurzeln aus, die sich bei Rückgang des Hochwassers teppichartig auf die Uferböschung legen.

### 3. Abhängigkeit der Bodendurchwurzelung von der ingenieurb biologischen Bauweise

Je nach Einbauart der verwendeten Pflanzenarten erzielt man eine unterschiedliche Wurzel Ausbildung und damit auch einen unterschiedlichen Stabilisierungseffekt.

Bei allen DECKBAUWEISEN ist das vorrangige Ziel der Maßnahmen ein rasch eintretender Erosionsschutz durch die Abdeckung der Bodenoberfläche. Durch die Wahl von Flach- und Tiefwurzeln bei der Aufstellung von Samenrezepturen kann die Bodendurchwurzelung beeinflusst werden (Abb. 10). Durchwurzelung bis in etwa einem Meter Tiefe ist je nach Standort möglich.

Erheblich wirkungsvoller sind Stabilbauweisen und kombinierte Bauweisen.

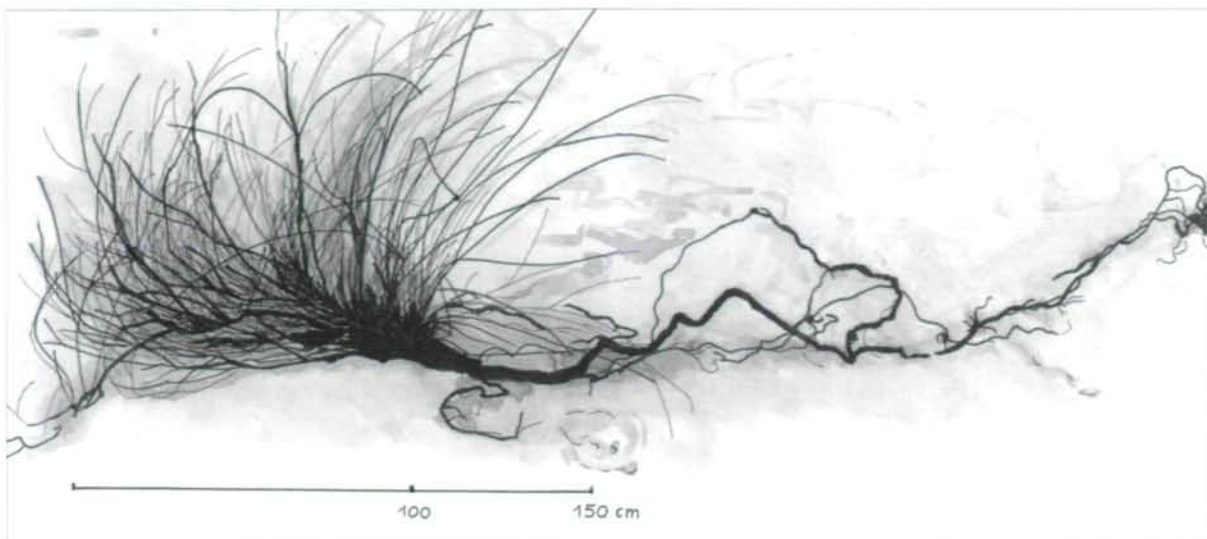


Abb. 11: Wurzelbildung bei einer Steinweide (*Salix purpurea purpurea*), die in 1900 m Seehöhe aus einem Steckholz entstanden ist, 90 Jahre alt.

Bei den STABILBAUWEISEN verwendet man in erster Linie ausschlagfähige Gehölze, daneben aber auch bewurzelte Heister von Pioniergehölzen.

Beide baute man einige Meter tief ein, wodurch sofort eine gute Stabilisierung der obersten Bodenschichten entsteht. Durch die adventive Bewurzelung der im Boden liegenden Äste verbessert sich die stabilisierende Wirkung und es entsteht ein Verbundsystem Wurzel/Boden (Abb. 11, 12).

Die kräftigsten Wurzeln werden in der Regel an der Basis der Äste - also am tiefsten im Boden - ausgebildet. Voraussetzung ist dafür, daß die Äste nicht waagrecht,

sondern nach außen ansteigend (mindestens 10 Grad) eingebaut werden.

Auch hier ist die Wurzelbildung von der Bodenart abhängig. Dichte, tonige Böden werden schlechter durchwurzelt als durchlässige.

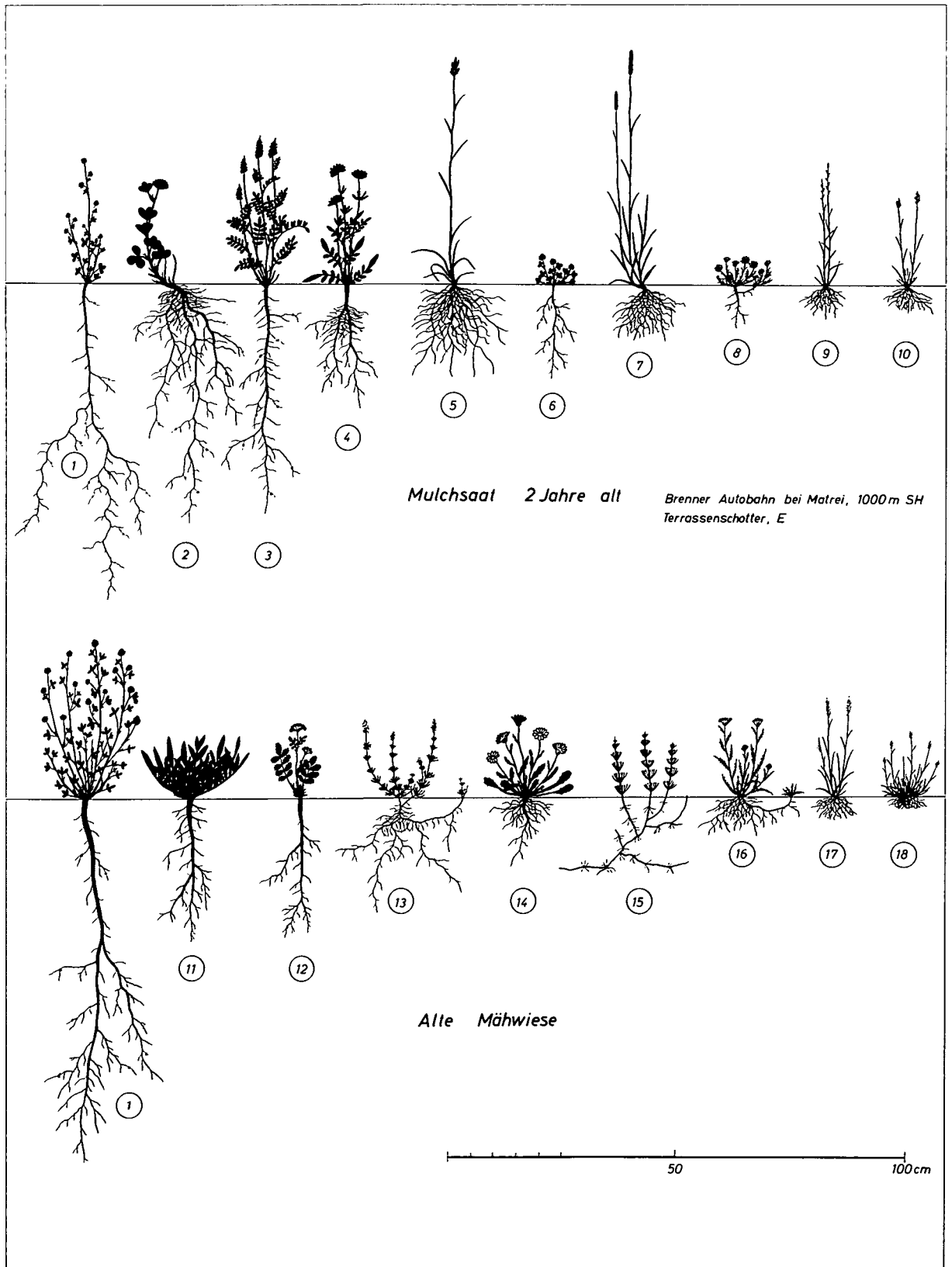
Bei den KOMBINIERTEN BAUWEISEN verbindet man lebende Baustoffe mit nicht lebenden, also z. B. Steinen, Holz, Stahl, Kunststoffe.

Infolge der Bewurzelung der eingebauten Gehölzpflanzen werden diese Bauwerke in den ersten Jahren stetig stabiler. Nach einigen Jahren übernehmen die angewachsenen Pflanzen die Funktionen der nicht lebenden



Abb. 12: Wurzelbildung bei einem Flechtzaun, der zum Uferschutz gebaut wurde. 12 Jahre alt.





Hartbaustoffe oder sie verbessern und verstärken das Bauwerk in seiner technischen, ökologischen und ästhetischen Wirkung (SCHIECHTL 1958, 1973, 1980, 1983, 1985). Kombinierte Bauweisen setzt man zur Stabilisierung labiler Hangabschnitte (besonders am Hangfuß) oder zur Entwässerung ein.

## Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Möglichkeiten naturnaher Bauweisen werden Beispiele der biotechnischen Fähigkeiten von Wurzelsystemen vorgestellt. Unterschiedliche Wurzelmassen, Wurzelvolumen und Wurzelfestigkeit bei Sträuchern, Stauden und Halbsträuchern werden tabellarisch vorgestellt. Die Werte stammen aus der Literatur und aus eigenen Untersuchungen. Hinsichtlich der praktischen Anwendbarkeit der Ergebnisse werden die Unterschiede zwischen Deckbauweise, Stabilbauweise und kombinierter Bauweise diskutiert.

## Literatur

- HÄHNE K. (1997): Berechnung der standsicherheitserhöhenden Wirkung von Gehölzen. — Mitt. d. Ges. f. Ingenieurbio-  
logie, Aachen 9: 2-18.
- HILLER H. (1966): Beitrag zur Beurteilung und zur Verbesserung biologischer Methoden im Landeskulturbau. — Diss. TU  
Berlin, D 83, Nr. 26: 140 S.
- HOFMANN J. (1997): Eine neue Richtlinie zur Sicherung von  
Böschungen durch Pflanzen. — Wien. 3 S.
- OPLATKA M. (1995): Beanspruchung von Weiden durch die  
Strömung. — Bundesamt für Straßenbau, Zürich. 57 S.
- RASCHENDORFER I. (1953): Stecklingsbewurzelung und Vege-  
tationsrhythmus. Einige Versuche zur Grünverbauung in  
Rutschflächen. — Forstw. Zentralbl. Wien 72, 5/6.
- SCHAARSCHMIDT G. & V. KONECNY (1971): Der Einfluß von  
Bauweisen des Lebendbaues auf die Standsicherheit von Bö-  
schungen. — Mitt. a. d. Inst. f. Verkehrswasserbau, Grund-  
bau u. Bodenmechanik TH Aachen 49: 1-90.
- SCHIECHTL H. M. (1958): Grundlagen der Grünverbauung. —  
Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 55.
- SCHIECHTL H. M. (1973): Sicherungsarbeiten im Land-

schaftsbau. Grundlagenlebende Baustoffe-Methoden. — Call-  
wey-Verlag, München: 244 S.

SCHIECHTL H. M. (1980): Bioengineering for land reclama-  
tion and conservation. — University of Alberta Press, Edmon-  
ton. Canada. 404 S.

SCHIECHTL H. M. (1983): Die Pflanze als Mittel zur Boden-  
stabilisierung. — In: Wurzelökologie und ihre Nutzenanwen-  
dung. Intern. Symp. Gumpenstein 1982: 703-708.

SCHIECHTL H. M. (1985): Pflanzen als Mittel zur Bodenstabi-  
lisierung. — In: Wurzelwerk und Standsicherheit von Bö-  
schungen und Hängen. Jahrbuch d. Ges. f. Ing. Biologie, Aa-  
chen 2: 50-62.

SCHIECHTL H. M. (1992): Weiden in der Praxis. Die Weiden  
Mitteleuropas, ihre Verwendung und Bestimmung. — Verlag  
Patzer, Hannover/Berlin. 130 S.

SCHIECHTL H. M. (1996): I Salici nell'uso pratico. — Edizio-  
ni Arca, Trento. 178 S.

SCHUPPENER B. (1997): Statistische Berechnung der lebend be-  
wehrten Erde. — Wien, Univ. Bodenkultur. 5 S.

STINY J. (1977): Die Zugfestigkeit von Pflanzenwurzeln. —  
Durch den Verfasser übermittelte Separat-Abschrift.

### Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Hugo Meinhard SCHIECHTL  
Wurmbachweg 1  
A-6020 Innsbruck  
AUSTRIA

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Stapfia](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [0050](#)

Autor(en)/Author(s): Schiechtl Hugo Meinhard

Artikel/Article: [Die Wurzelsysteme der Pflanzen als Grundlage für ihre Verwendung zu ingenieurbioologischen Hangsicherungen 295-307](#)