

Die Biomechanik der Wechselwirkung von Bäumen mit Deichen

Von C. Mattheck und K. Bethge

Einleitung

Schadensfälle vergangener Zeit haben das Sicherheitsdenken für den Flussdeich sensibilisiert. Deichversagen oder Teilversagen an Oder und Rhein drängen die Verantwortlichen zum Handeln. Im Unterschied zum eher lokalen Versagen von Maschinenbauteilen oder z.B. Bäumen im Bereich des Verkehrs ist ein Deichbruch — wodurch auch immer hervorgerufen — ein Schadensereignis weit beträchtlicheren Ausmaßes als z.B. der Bruch einer Autachse oder eines Straßenbaumastes.

Es müssen daher alle Möglichkeiten genutzt werden, um den Eintritt eines solchen Unfalles, der u.U. Tausende von Menschenleben kosten und erheblichen Sachschaden bewirken kann, zu vermeiden.

Die in dieser Studie ausgeführten Ergebnisse beruhen auf ca. 15 Jahre währenden Studien der Autoren über die Biomechanik der Bäume und dem Fachwissen anderer Autoren, die im Literaturverzeichnis genannt sind.

Die Selbstoptimierung der Baumgestalt mit besonderem Augenmerk auf die Baumwurzel

Bäume pflegen eine gleichmäßige Spannungsverteilung auf der Baumoberfläche. Sie wachsen in eine Form, die sowohl lokal hohe Spannungen (Sollbruchstellen) als auch unterbelastete Bereiche (Materialverschwendung) vermeidet. Dies wurde von Metzger^[1] bereits 1893 für die Verjüngung von Fichtenstämmen nachgewiesen. Mattheck und Mitarbeiter^[2] zeigten, dass jede Baumwurzel sich mit ihrem Querschnitt ihrer Belastung anpasst. Zum Beispiel ähnelt die auf reine Biegung belastete Wurzel in ihrem 8-förmigen Querschnitt dem I-Balken (auch Doppel-T-Träger genannt) im Bauwesen.

Abb. 1: In etwa symmetrische Achtform deutet auf reine Biegebelastung.

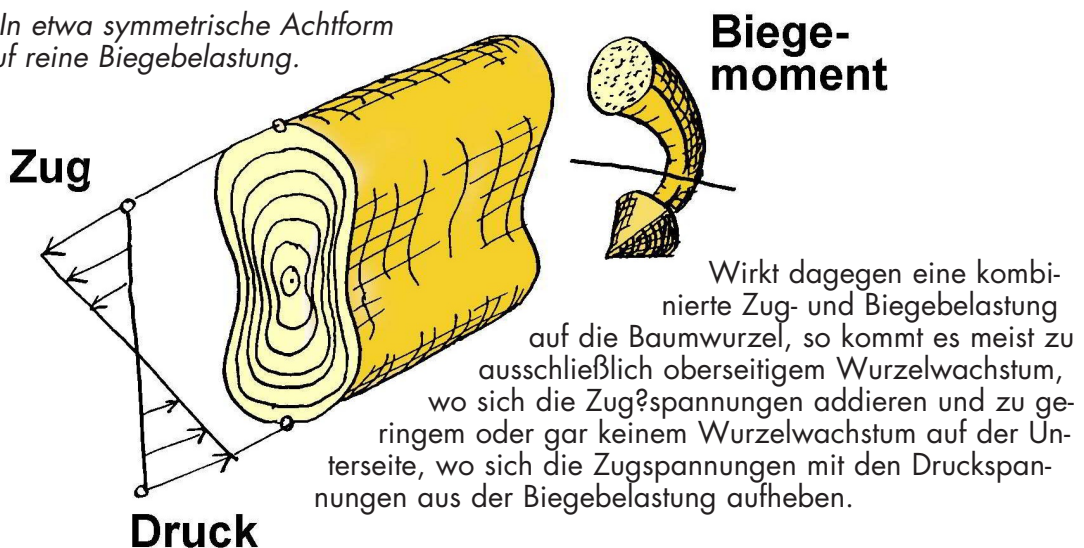
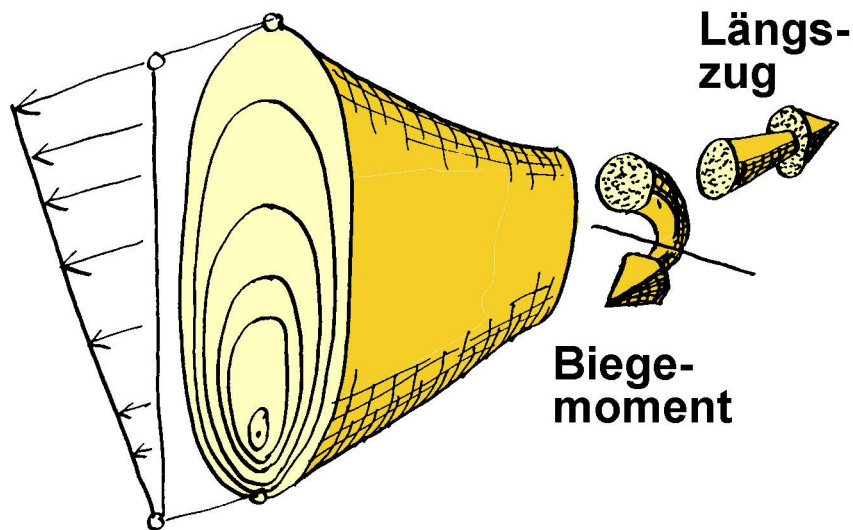
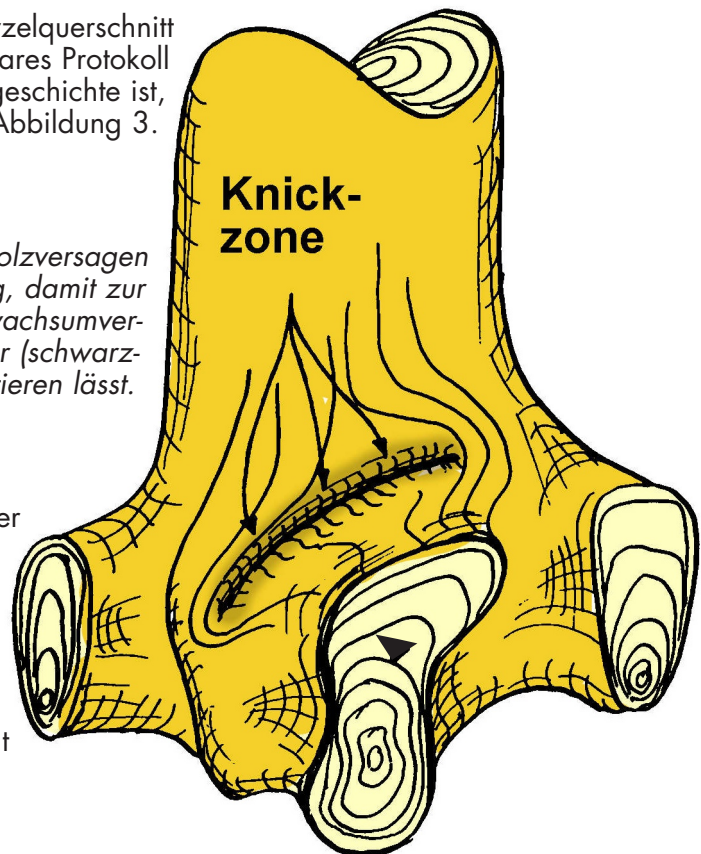


Abb. 2: Die Kombination aus Zug- und Biegebela-
stung führt hier zu bevorzugt oberseitigem Zuwachs.



Wie sehr der Wurzelquerschnitt ein unfälschbares Protokoll der Lastgeschichte ist, zeigt die folgende Abbildung 3.

Abb. 3: Nach einem lokalen Holzversagen kommt es zur Kraftflussumlenkung, damit zur Spannungsumlagerung und Zuwachsumverteilung, aus der sich das Unfalljahr (schwarzes Dreieck) datieren lässt.



Neben der Querschnittsoptimierung der einzelnen Baumwurzel gibt es auch eine optimale Verteilung der Wurzeln im Erdreich^[2,3]. Diese beruht wohl auf dem Mohr-Coulomb'schen Gesetz der Bodenmechanik, das besagt, dass zusammengedrückte Erde schieferfester ist als nicht zusammengedrückte oder gar leicht zugbelastete Erde (Abb. 4/nächste Seite).

In seiner Doktorarbeit zeigte Matthias Teschner^[3] rechnerisch den Einfluss der Belastung auf die Wurzelmorphologie, also auf die Anordnung der Wurzeln in der Erde. Die Ergebnisse sind in den folgenden selbsterklärenden Abbildungen dargestellt. Die Ergebnisse sind als qualitative Relativaussagen (wegen des zweidimensionalen Rechenmodells) zu werten.

Einseitig windbelastete Bäume oder durch Gravitation einseitig biegebelastete Bäume bilden auf der Zugseite der Biegung mehr, längere und festere Wurzeln, um die dort weniger schieferfeste Erde zu armieren. Allein daraus wird deutlich, wie sensibel die Bäume gegenüber einer Minderung der Scherfestigkeit der Erde sind.

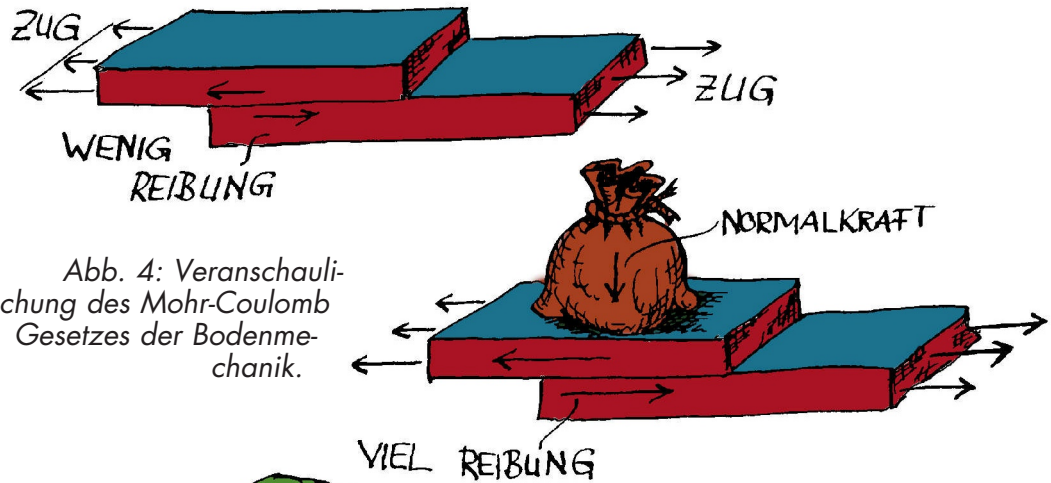
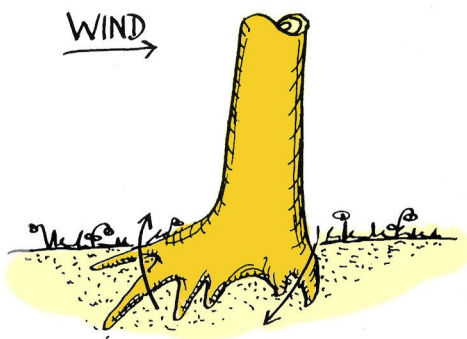
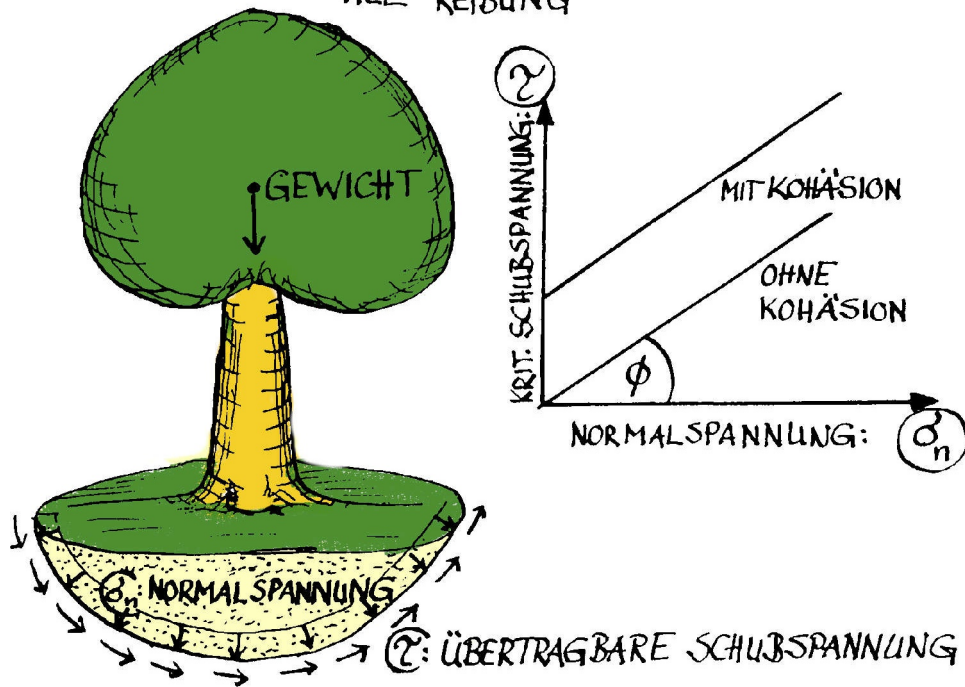
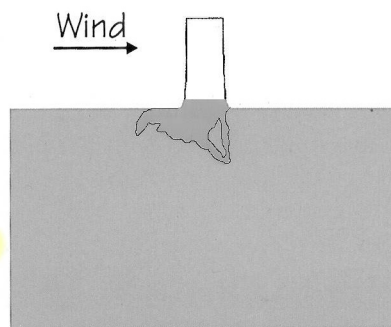


Abb. 4: Veranschaulichung des Mohr-Coulomb Gesetzes der Bodenmechanik.



tatsächliche Wurzelformation



Computer-Vorhersage
($\phi=20^\circ$, $c=0.03$ MPa)

Abb. 5a: Es sind mehr und längere Wurzeln als Bodenarmierung nötig, wo die Erde weniger scherfest ist, mehr Wurzeln windseitig (Abb.5a) und mehr Wurzeln hangaufwärts (Abb.5b).

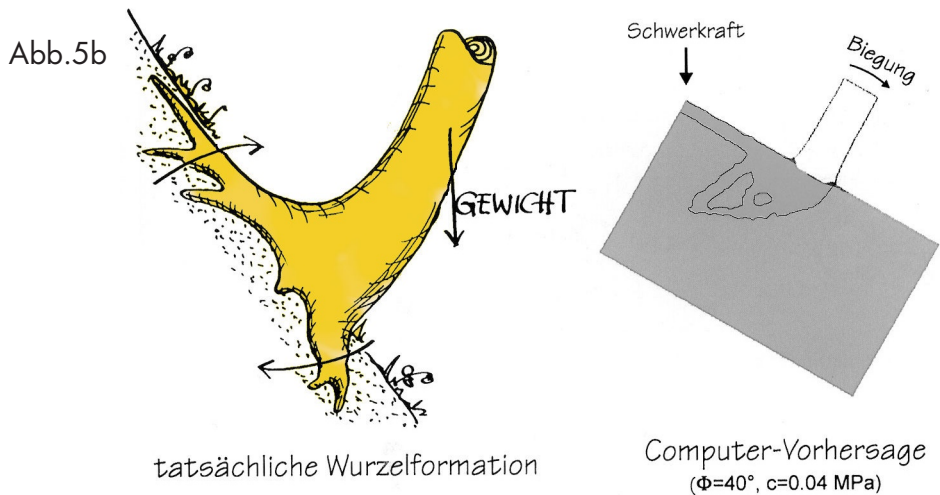


Abb. 6 zeigt einige Beispiele aus der Natur, die die Rechenergebnisse qualitativ beweisen, indem zugleich mehr Wurzeln gebildet werden.

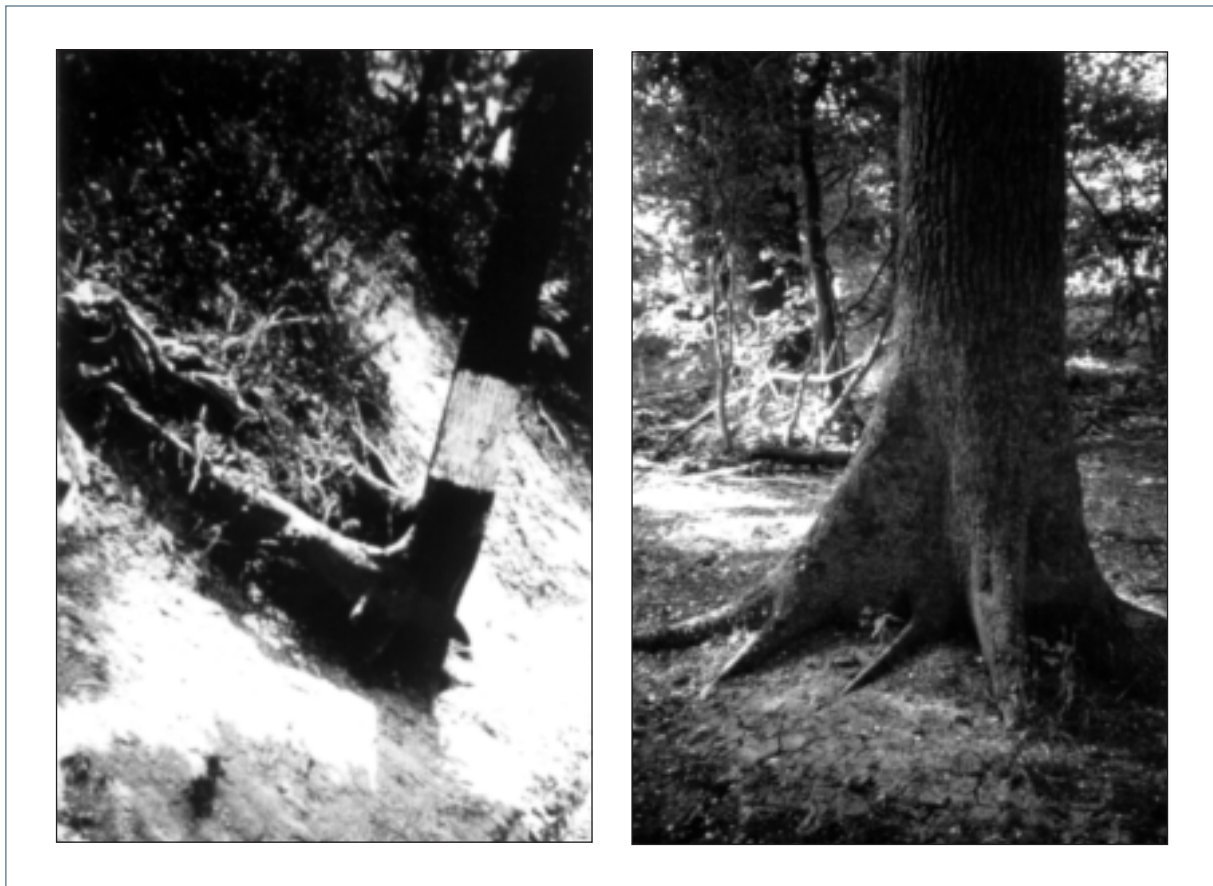


Abb. 6: Beispiele aus der Natur.

Die Scherfestigkeit der Erde wird i.A. aber auch durch Vernässung des Bodens gemindert. Der Baum müsste auch hierauf durch eine Vergrößerung der Wurzelmasse reagieren ^[2]. Dazu bleibt ihm z.B. bei einer Flut keine Zeit. Die Wurzelarmierung des Bodens reicht u.U. nicht mehr aus, es kann zum Windwurf kommen.

Der Windwurf

Die Windlast wird vom Baum über Blätter oder Nadeln eingesammelt, über Zweige und Äste zum Stamm geleitet, von diesem hinunter in die Erde transportiert, über die Wurzelanläufe auf Stark- und Feinwurzeln verteilt. Schließlich muss allein die Erde in hinreichendem Abstand vom Stamm, der durch die mechanisch wirksame Wurzelplatte mitbestimmt wird, die Windlast ertragen.

Trockene Erde ist aber i. A. schiefer als nasse Erde (auf feuchtem Lehm rutscht man leichter aus!), so dass nasse Erde eine größere Wurzelplatte erfordern würde, für deren Bildung bei plötzlicher Bodenvernässung keine Zeit bleibt. Dieses einfache Prinzip erklärt die erhöhte Anzahl von vom Winde geworfenen Bäumen durch die Kombination von Wind und Regen. Bei Hochwasser und Wind ist das Risiko mindestens ähnlich hoch.



Abb. 7a



Abb. 7b



Abb. 7c

Abb. 7a-c:
Vom Wind geworfene
gesunde Bäume, die durch
die Kombination von Wind
und Regen fielen oder auf
vernässtem Boden standen.

Abb. 8- 10 zeigen die Phasen des Windwurfes für die drei wesentlichen Wurzelmorphologien nach^[4].

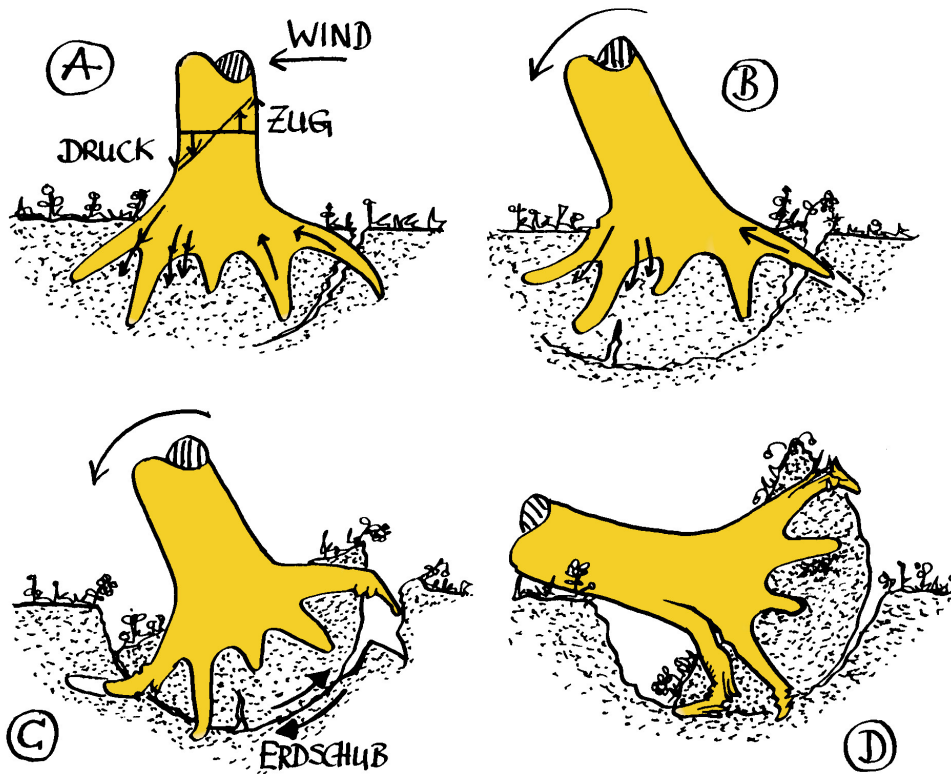


Abb. 8: Der zeitliche Ablauf des Windwurfes modifiziert nach Coutts (Herzwurzler)

A: Erdrisse

B: Wurzel ausreißungen

C: Gleiten des Wurzel-Erd-Ballen

D: Wurzelbrüche am Rande des Wurzelballens und/oder Stockbrüche.

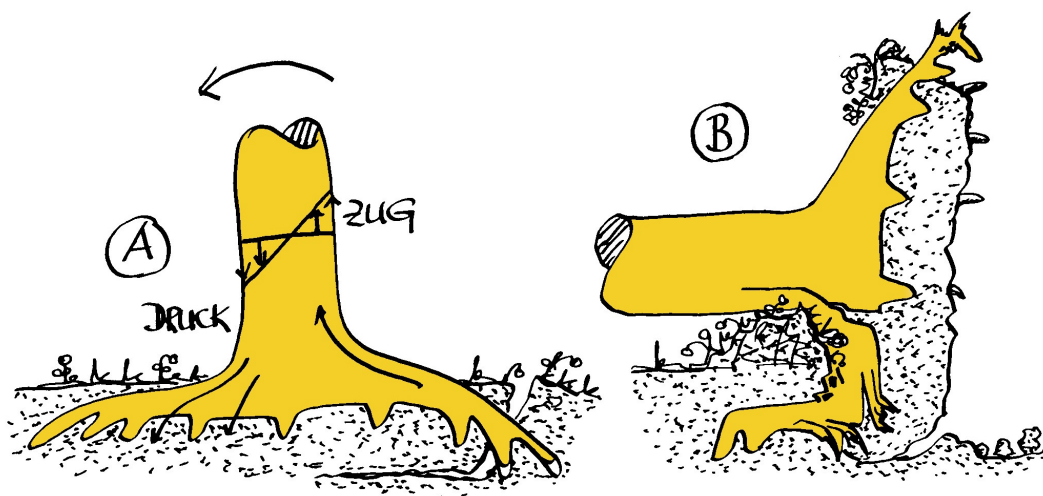


Abb. 9: Der Windwurf der Flachwurzler

A: Bodenrisse und Wurzelgleiten

B: Abriss der Bodenplatte und Kippen praktisch ohne Erdschub.

Abb. 10: Windwurf beim Pfahlwurzler

- A: Ausbildung von Rissen im Erdreich
- B: Je nach Anzahl der Seitenwurzeln dreht ein unterschiedlich großer Wurzelballen aus der Erde
- C: Bei hinreichender Tiefe der Pfahlwurzel kann diese am Ballenrande brechen.

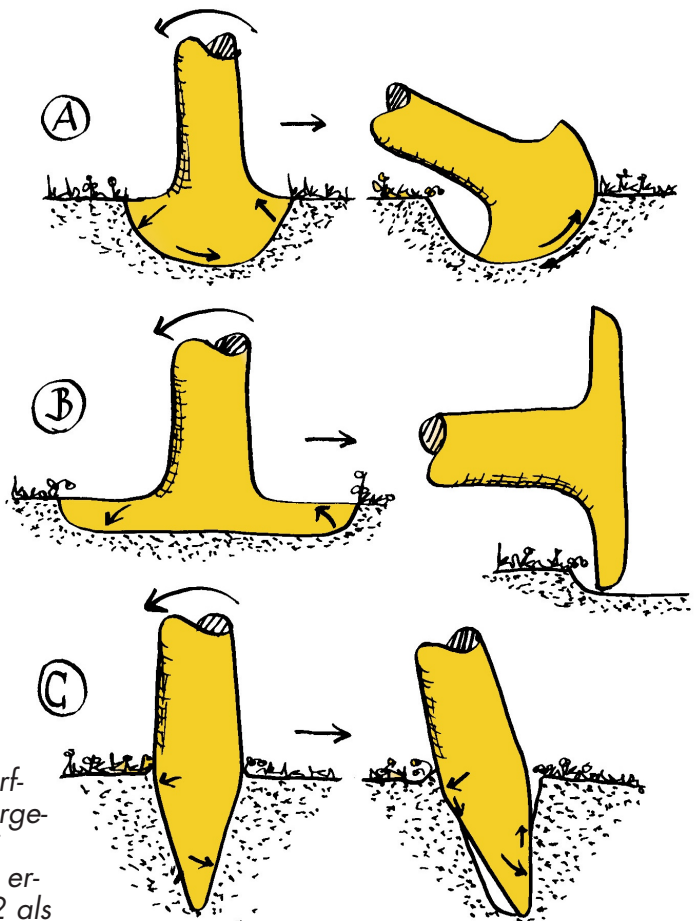
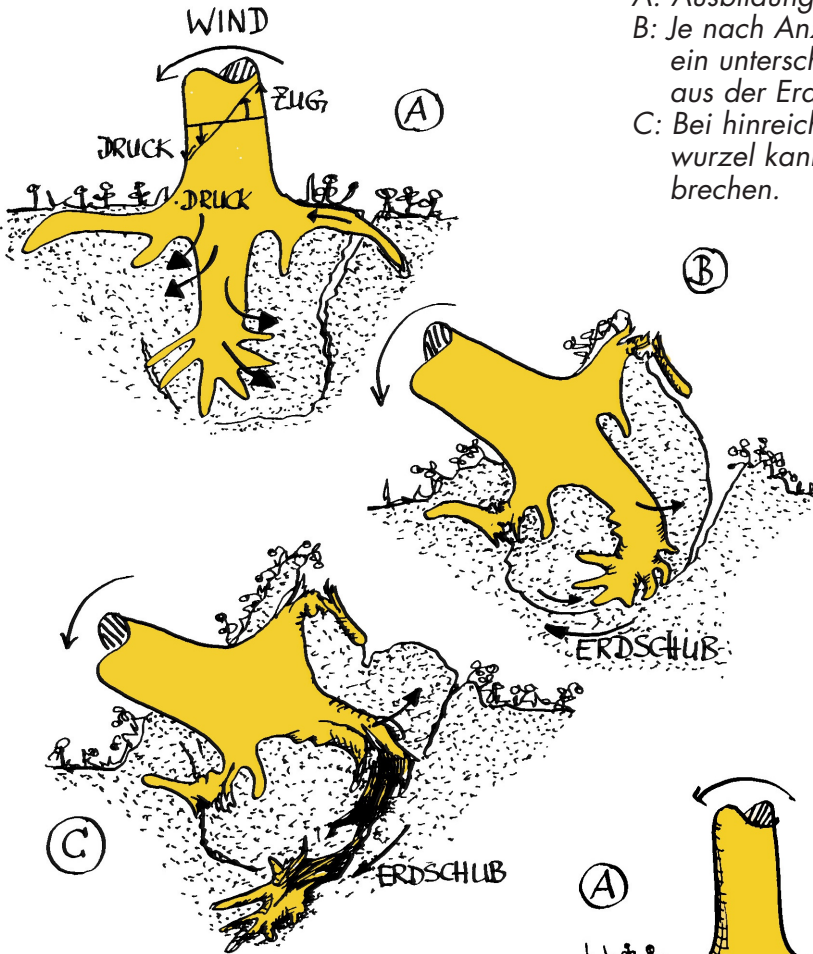


Abb. 11: Ein vereinfachtes bodenmechanisches Ersatzmodell für das Wurfverhalten der drei Wurzeltypen

- A: Herzwurzler dreht im Gelenk
- B: Flachwurzler kippt wie ein Kleiderständer
- C: Pfahlwurzler dreht wie eine Brechstange.

In Abb. 11 wird der typische Windwurfmechanismus nochmals vereinfachend dargestellt. Alle drei Mechanismen erfolgen bei vernässtem Boden wesentlich leichter und erfordern geringe Windlasten, wie Abb. 12 als Extrembeispiel zeigt.

Den Autoren ist ein Unfall bekannt, bei dem ein junger Mann zum Rollstuhlfahrer wurde, weil ein Baum in der praktisch unbesetzten Staunässe eines Straßengrabens belassen wurde. Die Kombination von Sturm und Staunässe führte zum Windwurf.

Dabei können Bäume durchaus Jahrzehnte auf Problemstandorten stehen und erst bei Erreichen einer gewissen Höhe und Segelfläche versagen.



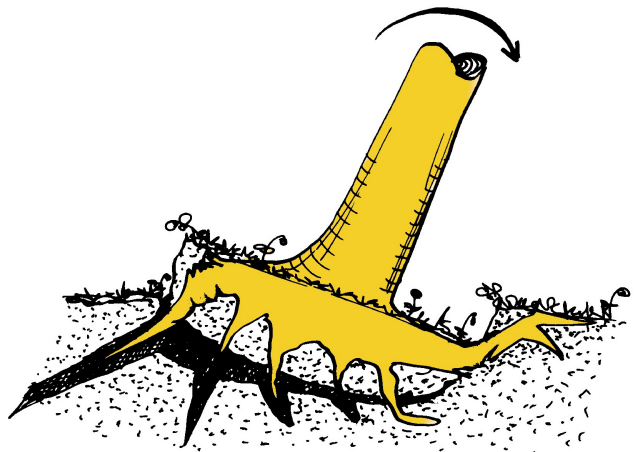
Foto: Ing. Henri Rogar, N.O.C.B. Boomtechnisch Adviesburo

Abb. 12: Pappelwurf auf vernässtem Grund.

Das Überleben einer gewissen Standzeit ist also keine Gewähr für weitere sichere Reststandzeit, so wenig, wie das Überleben von 70 Menschenjahren das Überleben auch des 71. Lebensjahres notwendig bedingen muss.

Der nicht vollzogene Windwurf und das Pumpen der Baumwurzel

Nicht immer wird allerdings der Windwurf vollständig vollzogen. Es gibt auch Teilwürfe (Abb. 13A u. 13B). Dies sind Schiefstellungen der Bäume, bei denen windseitig die Wurzelplatte angehoben wird und unter ihr sogar Hohlräume entstehen können, während leeseitig der Boden eingedrückt wird.



13A



Abb. 13: Nicht ganz vollzogener Windwurf (Teilwurf oder Schiefstellung)

A: Prinzipskizze
B: Foto.

13B

Bäume korrigieren unter günstigen Lastbedingungen diese Schiefstellung durch Selbstauf- richtung und Ausbildung eines säbelförmigen Stammes (Abb. 14).

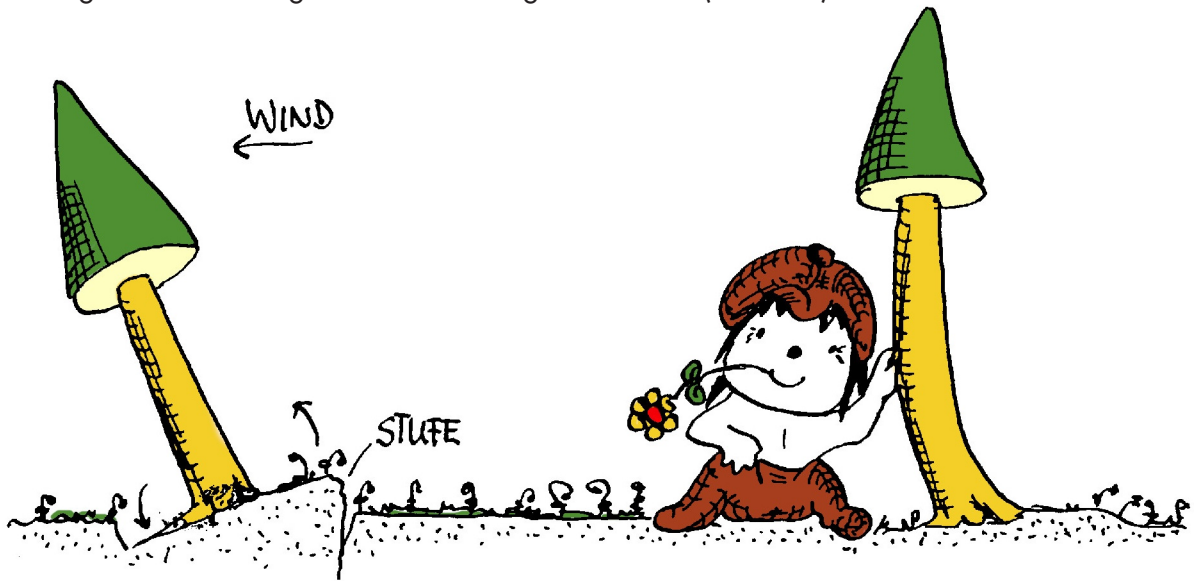
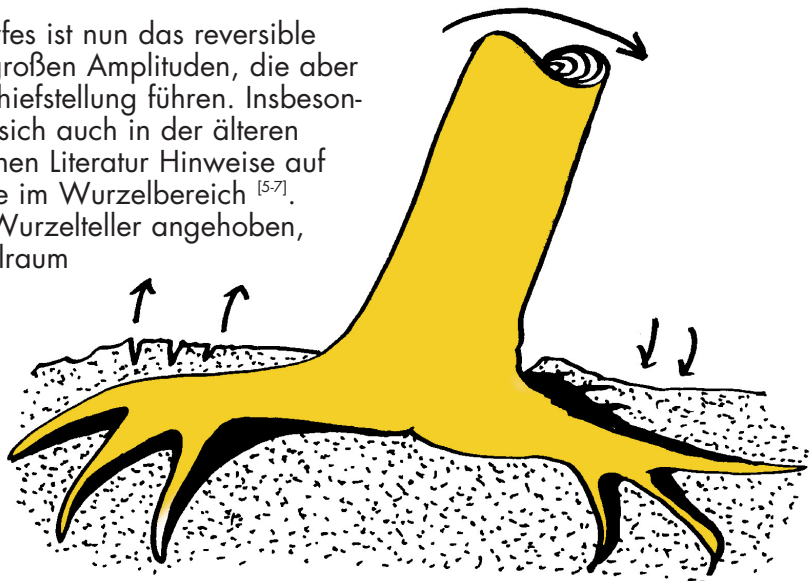


Abb. 14: Die Ausbildung von Säbelbäumen (aus Mattheck: STUPSI erklärt den Baum, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe 1996 ¹²).

Die Vorstufe dieses Teilwurfes ist nun das reversible Schwingen des Baumes mit großen Amplituden, die aber noch nicht zur dauernden Schiefstellung führen. Insbesondere für Flachwurzler finden sich auch in der älteren forstlichen und bodenkundlichen Literatur Hinweise auf Lockerungs- bzw. Pumpeffekte im Wurzelbereich ^[5-7]. Dabei wird der windseitige Wurzelteller angehoben, der darunter befindliche Hohlraum füllt sich mit Wasser oder Schlamm, die beim Rückfedern der Wurzelplatte in das umgebende Erdreich gepumpt oder gar zwischen den Starkwurzeln nach oben quellend in die Luft geschleudert werden (Abb. 15).

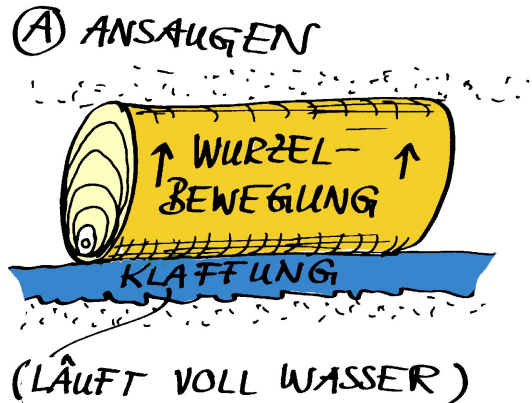


HOHLRÄUME, DIE BEI ÜBERFLUTUNG VOLL WASSER LAUFEN UND BEIM RÜCKSCHWINGEN LEERGEPUMPT WERDEN.

Abb. 15: Pumpvorgänge bei Flachwurzlern unter Windbewegung.

Allerdings ist dies nur die halbe Wahrheit. Es ist gewiss richtig, das flächenhafte Pumpen allein dem Flachwurzler zuzuschreiben, dessen Wurzelplatte — oft durch querver-schweißte Wurzeln ausgesteift — sich flächig auf und ab bewegen kann. Darüber hinaus gibt es auch eine Pumpwirkung der Einzelwurzel. Abb. 16 zeigt das Prinzip.

Abb. 16:
Linienartige Pumpwirkungen
er Einzelwurzel
A: Ansaugen
B: Auspumpen.



Wegen des ungleich längeren Hebelarmes vom Stammfuß zum effektiven Windangriffspunkt sind die Wurzelanläufe und die Starkwurzeln erheblichen Biegebelastungen ausgesetzt. Diese führen zu merklichen Quer- und mäßigen Längsbewegungen der Wurzeln in der Erde. Dadurch wird die Erde um den Baum gelockert. Genauer gesagt kommt es nicht nur zu Lockerungen, also Minderungen der Bodenverdichtung durch Anheben der über den Wurzeln lagernden Erde, sondern auch zur Entstehung von Klaffungen zwischen Wurzel und Erde. Bei Staunässe können sich diese Klaffungen schnell mit Wasser füllen, das beim Entlasten der Wurzel durch Zurückschwingen des Baumes in die umliegende Erde oder entlang der Wurzel gepumpt wird. Dieses Verhalten mag durchaus geeignet sein, den Stamm abwärts laufendes Wasser entlang der Starkwurzeln zu den stammfern gelegenen Sinker- und Feinwurzeln zu transportieren.

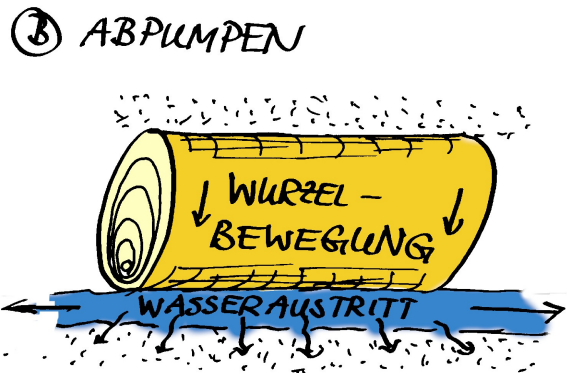
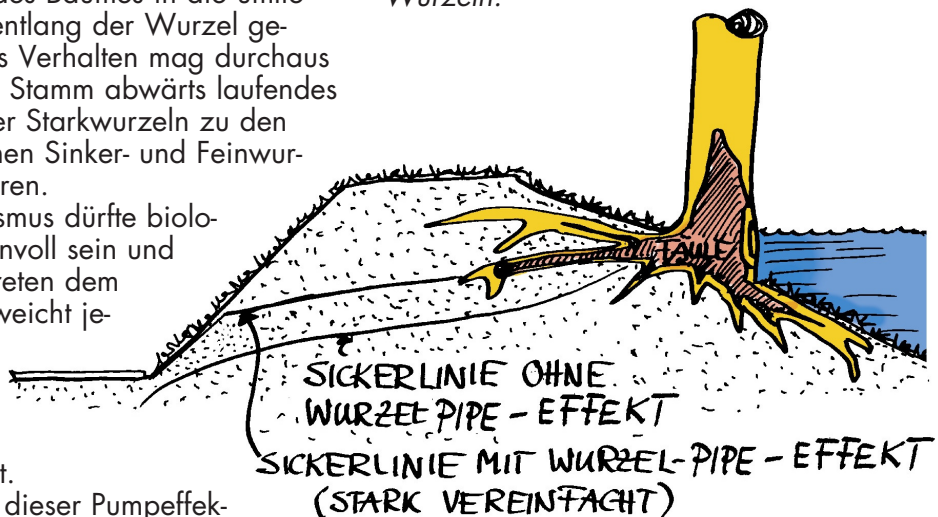


Abb. 17: Der Pipe-Effekt hohler oder fauler Wurzeln.

Dieser Mechanismus dürfte biologisch durchaus sinnvoll sein und bei mäßigem Auftreten dem Baume dienen. Erweicht jedoch das gesamte Baumumfeld, so wird dadurch das Risiko des Windwurfes erhöht. Die Auswirkungen dieser Pumpeffekte auf den Deich als Baumstandort werden im Verlauf dieser Studie weiter illustriert.



Der Pipe-Effekt faulender oder hohler Baumwurzeln

Bäume auf vernässtem Grund haben nicht selten faule Wurzeln, wenn diese infolge Luftmangel absterben und somit der Pilzinfektion

nichts mehr entgegensehen. Auch Rasenmähschäden am Stammfuß und Wurzelschäden oder Stammschäden als Folge von Bauarbeiten oder Treibeis sind ein willkommenes Eintrittstor für holzeretzende Pilze. Diese Stock- und Wurzelfäulen hinterlassen teilweise rohrartige Hohlräume, die das Eindringen von Wasser begünstigen.

Auch das Verbleiben von Baumstümpfen und Wurzeln nach der Fällung von Bäumen im Boden vermag einen ähnlichen negativen Pipe-Effekt bewirken (Abb. 17), der z.T. Wassereintritt in für den Laien verblüffender Reichweite ermöglicht.

Wurzelreichweiten

Die Wurzelreichweiten verschiedener Bäume nach Cutler und Richardson^[8]

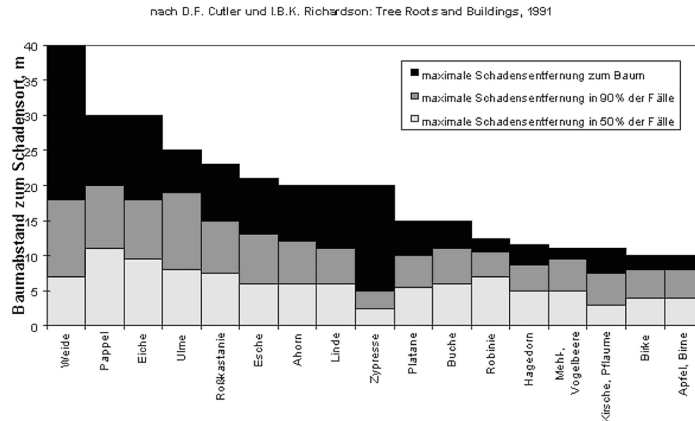


Abb. 18: Abstände vom geschädigten Bauwerk zum schadensverursachenden Baum nach^[8].

Aus einer Statistik von Schadensfällen, die Baumwurzeln an Gebäuden in England verursacht haben, erstellten Cutler und Richardson eine Sammlung von Wurzelreichweiten verschiedener Baumarten, die hier als Säulendiagramme vielleicht etwas übersichtlicher dargestellt sind. Abb. 18 zeigt die Wurzelreichweiten, die bei Gebäudeschäden vermessbar waren.

Es werden selbsterklärend Maximalreichweiten und verschiedene Prozentraten der Schadensreichweiten dargestellt. Maximale Reichweiten liegen bei Weiden bis 40m und bei Pappeln bis 30m. Bei Linden werden Schädigungsreichweiten bis 20m festgestellt. Man beachte, dass dies Schädigungsreichweiten sind. Die eigentlichen maximalen Reichweiten dürften noch etwas weiter sein.

Ungünstigstenfalls dürften die vorgenannten Pipe-Effekte hohler oder fauler Wurzeln ähnliche Reichweiten haben. Die genannten Pumpbewegungen dürften sich im Wesentlichen auf die Reichweite der mechanisch wirksamen Wurzelplatte beschränken.

Die mechanisch wirksame Wurzelplatte

Mit zunehmendem Abstand vom Baume wird die Intensität der Bodendurchwurzelung immer geringer bis schließlich nur noch Erde in hinreichendem Abstand den Baum umgibt.

Es gibt aber schon rein anschaulich eine gewisse kritische Wurzeldichte, bei der unter Sturm oder Sturm-Regen-Belastung der Boden durch die Wurzeln nicht mehr hinreichend armiert wird und es zu zirkumferentiellen windseitigen Bodenrissen als Einleitung des Windwurfes kommt. Diese Bodenrisse werden mit zunehmender Windbelastung zur Bruchkante des Wurzeltellers. Eine weltweite Feldstudie, die etwa 2500 geworfene Bäume verschiedenster Arten umfasst - und sich mit ca. 1000 von der Forestry Commission England bis zum Wurf gezogenen Bäumen deckt! - ergab einen Zusammenhang zwischen dem über den Wurzelaufhängen gemessenen Stammradius und dem Radius der windseitig aus der Erde gedrehten Wurzelplatte (Abb. 19).

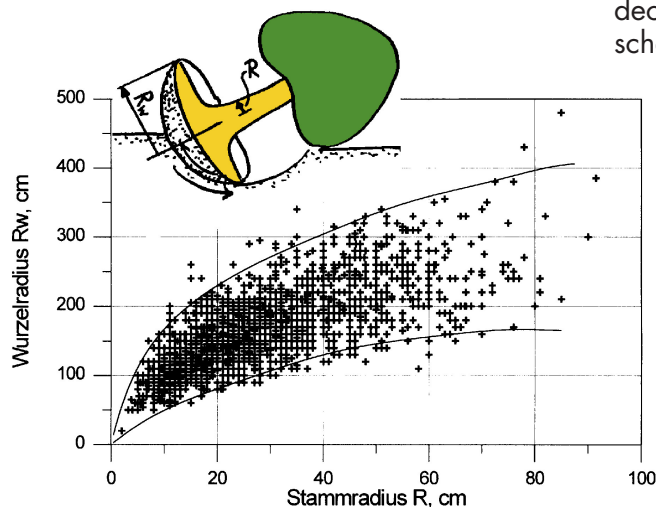


Abb. 19: Die mechanisch wirksame Wurzelplatte in Abhängigkeit vom Stammradius.

Auf die nähere Umgebung dieser Wurzelplatte sollten sich die Pumpbewegungen eingrenzen lassen. Das durch diese Bewegungen nach außen gepumpte Wasser kann dagegen erheblich größere Reichweiten erlangen, ohne dass hier eine wissenschaftlich seriöse obere Grenze angegeben werden kann.

In jedem Falle jedoch ist das Windwurfdiagramm in Abb. 19 ein gutes Maß für den zu erwartenden Krater, den ein durch Wind und Staunässe zu Fall gebrachter Baum in einen Deich reißen kann.

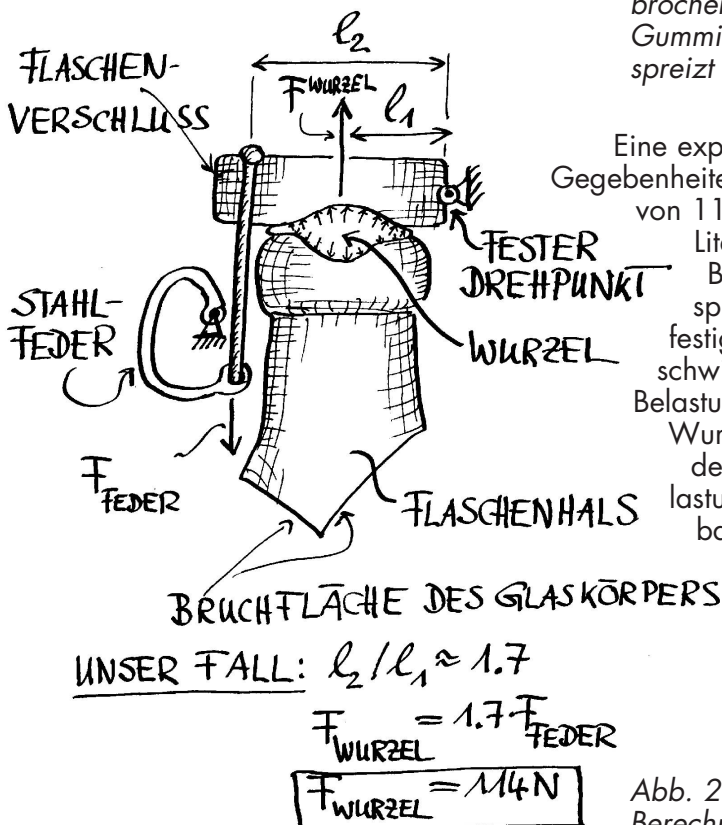
Bei der radialen Ausbildung der Wurzelplatte zeigen die Wurzeln ein fast geniales Potential, Hindernisse durch Reibungsminimierung (Schleimhaut auf der Wurzelspitze!) und Querespansion (Zelldruck!) zu überwinden, ja gar zu zerstören.

Penetrationspotential und Querkraft der Wurzel

Einer der Autoren sah Kiefernwurzeln, die Felswände in den Rocky Mountains sprengten und zentnerschwere Steinbrocken auf Straßen warfen. Das beste uns bekannte und quantifizierbarste Beispiel ist jedoch die Wurzel im Flaschenhals einer Bierflasche aus der Sammlung eines der Autoren (Abb. 20). Mit ihrer Schleimhaut, die die Reibung der Wurzelspitze infolge Längswachstum minimiert, dringt die Wurzel in den vorkomprimierten Spalt der Gummidichtung ein und erreicht das Äußere der Flasche. Das nachfolgende Dickenwachstum der Wurzel sprengt den durch eine Feder vorgespannten Verschluss.



Abb. 20: Eine Wurzel wächst in den abgebrochenen Hals einer Bierflasche, perforiert Gummidichtung und Schnappverschluss und spreizt den Verschluss.



Eine experimentelle Analyse der mechanischen Gegebenheiten (Abb. 21) deutet auf eine Querkraft von 114N, was etwa dem Gewicht eines 10 Liter-Eimers gefüllt mit Wasser entspricht. Bei der Wechselwirkung mit Gebäuden spielt auch noch die geringe Ermüdungsfestigkeit des Mauerwerkes gegenüber der schwingend durch die Wurzel eingeleiteten Belastung eine wesentliche Rolle. Auch kleine Wurzeln können hier schon schwere Schäden am Bauwerk durch schwingende Belastung hervorrufen. Die Baustatik ist offenbar hilflos gegenüber der schwingenden Materialermüdung durch den Baum, was übrigens auch durch „Waschmaschinenrisse“ in den Fensterecken der Steinhäuser bestätigt wird.

Abb. 21: Mechanisches Ersatzmodell zur Berechnung der Wurzelquerkräfte.

Bäume und Deiche

Beispiele aus der Praxis

Beispiele für den Pipe-Effekt fauler Wurzeln

Die folgenden Fotos sollen den Pipe-Effekt fauler Wurzeln am Beispiel des Rheindeiches zu Leimersheim und des Oderdeiches illustrieren.



(Herrn Schneider, STAWA Speyer, wird herzlich für die Überlassung des Bildmaterials gedankt.)



Abb. 24:
*Ringdeiche um Bäume deuten auf in
 Baumnähe verstärkten Wasseraustritt
 vermutlich entweder durch den
 Pipe-Effekt fauler Wurzeln oder die
 Pumpwirkung der Baumwurzeln bei
 Windbewegung*
 (aus einem Video, das freundlich von Herrn
 Papke, Umweltamt Brandenburg, überlas-
 sen wurde, dem dafür hier sehr gedankt
 sei).

**Beispiele für den Windwurf
 auf vernässtem Untergrund**

Die Abbildungen 25a-c zeigen beispielhaft, wie Uferabbrüche durch geworfene Bäume begünstigt werden.



25a



25b



25c

Abb. 25 a-c: Uferabbrüche verstärkt durch umstürzende Bäume im Böschungsbereich

(den Herren Metzner und Tilgner, Landesumweltamt Brandenburg, wird sehr für die Überlassung der Fotos und hilfreichen Diskussionen gedankt).

Abb. 26:
*Ein über den Deich
 geworfener Baum
 verhindert die
 Deichverteidigung*

(das Foto wurde einem Video entnommen, das freundlich von Herrn Papke, Umweltamt Brandenburg, überlassen wurde, dem dafür herzlich gedankt sei).



DIN 19712 (Flussdeiche) und Merkblätter

Nach allen vorgenannten Ausführungen verwundert es nunmehr nicht, dass in der DIN 19712 für Flussdeiche^[9] ausgeführt wird, dass „Gehölze die Standsicherheit von Deichen durch unterschiedliche Auswirkungen beeinträchtigen:

Bei starkem Sturm kann der Deichboden durch Baumwurzeln gelockert werden; umstürzende Bäume reißen Löcher in den Deich.

- Bei starken Strömungen und Wellenschlag ist wasserseitiger Gehölzbe- wuchs Ansatzpunkt für eine Deichbe- schädigung.
- Verrottende Wurzeln alter Gehölzbe- stände und Wurzelfraß durch Wühltiere können zu Hohlräumen und Sickerwe- gen im Deich führen.
- Die Überwachung von Wühltieren wird unter Gehölz erschwert.
- Starke und dauernde Beschattung unter- drückt den Graswuchs und schädigt die Grasnarbe.
- Die zur Deichüberwachung erforderli- chen Kontrollen, die Deichverteidigung und die maschinelle Unterhaltung der Deiche werden erschwert.
- Bepflanzungen sollten in Gruppen vor- genommen werden. Die Belange der Unterhaltung sind zu beachten.
- Bäume sollten vom Deichfuß soweit ab- gesetzt sein, dass sie auf der Wassersei- te keine Kolke im Deichbereich verursa- chen und mit ihren Wurzeln nicht in den Deich einwachsen können.
- Normalwüchsige Bäume sollten im Hin- terland einen Mindestabstand von 10m (Pappel 30m) vom Deichfuß aufweisen. Sträucher können auch bis zum Deich- schutzstreifen hin gepflanzt werden. Die- ser Mindestabstand gilt auch im Vorland für Bäume, die den Deich vor Eisschä- den schützen sollen.
- Gehölze im Vorland dürfen nicht zu ei- ner unzulässigen Einschränkung des Hochwasserabflusses führen.“

Wenn unter Hinweis auf das Landschafts- bild auf eine Bepflanzung von Deichen ge- drängt wird, ist zu beachten:

- Nicht überdimensionierte Deiche aus Bo- denarten, die eine Durchwurzelung be- günstigen, müssen frei von Gehölzen bleiben.
- Wasserseitige Böschungen und Bermen, der Bereich der Deichkrone und alle Überlaufstrecken sowie überströmbare Teilschutzdeiche sind von Gehölzen frei- zuhalten.
- Gehölzpflanzungen müssen so angelegt sein, dass die Wurzeln der Gehölze nicht in den erdstatisch erforderlichen Deichquerschnitt eindringen. Zur Ent- wicklung von Gehölzwurzeln auf Dei- chen siehe^[11].
- Das untere Drittel der landseitigen Bö- schungen muss für Sickerwasserbeob- achtungen und für die Deichverteidi- gung gehölzfrei bleiben.

Auch in den DVWK-Merkblättern 210/1986^[10] finden sich ähnliche Hinwei- se und der Satz: „In jedem Falle sind was- serseitige Böschungen und Bermen, der Be- reich der Deichkrone und alle Überlauf- strecken sowie überströmbare Teilschutzdei- che von jeglicher Bepflanzung freizuhal- ten.“

Auch in den erfreulich ökologisch ausge- richteten DVWK-Merkblättern 226/1993^[11] findet sich die Passage: „Gehölzbestände auf Deichen können jedoch zu einer erhöhten Sickerlinie und damit zu größeren Strömungskräften inner- halb des Deichkörpers beitragen, was letztlich sicherheitsmindernd ist.“

Zusammenfassung

Gehölze, insbesondere aber Bäume, mindern die Sicherheit eines Deiches durch:

- das Risiko des Windwurfes
- Bodenauflockerungs- und Pumpeffekte
- Beeinflussung des Sickerhaltens durch faulende Wurzeln evtl. auch durch den permanenten Ersatz von absterbenden Feinwurzeln (Pipe-Effekt)
- ihre Wirkung als Erosionsstarter (Kolke)

Beweisfotos von bereits erfolgten Schadensfällen belegen die Ausführungen der Studie und bestätigen auch die in DIN 19712 und DVWK-Merkblatt 210/1986 gegebenen Empfehlungen.

Die Studie will keine Hysterie verbreiten. Ganz gewiss haben Bäume in der Umgebung des Menschen einen hohen Wert in Bezug auf die Lebensqualität und ganz gewiss muss auch nicht an jedem Baum der Deich versagen.

Theorie und Praxis deuten aber sehr wohl darauf hin, dass die Präsenz von Bäumen auf Deichen ein zusätzliches und vermeidbares Risiko für die Deichsicherheit darstellt. Dies gilt insbesondere, wenn das Hochwasser von Sturm begleitet ist.

Die in den Städten für die Bäume auf Deichen verantwortlichen Personen müssen sich nun fragen, ob die Bäume ihnen dieses Risiko wert sind. Sollte man sich für die Beseitigung der Deichgehölze entscheiden, so sollte bedacht werden, dass eine Baumfällung sofort tote und später faulende Wurzeln hinterlässt. Gleiches gilt für einen Baum, der auf natürliche Weise stirbt. Dem Problem der im Deichkörper faulenden Wurzeln wird man sich damit mit oder ohne Fällung künftig zu stellen haben.

Literatur

^[1]Metzger K. (1893), Der Wind als maßgeblicher Faktor für das Wachstum der Bäume, Münchener Forstliche Hefte, Springer Verlag Berlin

^[2]Mattheck, C. (1997), Design in der Natur- der Baum als Lehrmeister, Rombach Verlag Freiburg, 3. Auflage, in englischer Sprache erschienen 1998 im Springer Verlag Heidelberg

^[3]Mattheck, C. und Teschner M. (1997), Mechanical control of root growth, Journal of theoretical Biology 184, 261-269

^[4]Mattheck, C. und Breloer H. (1994) Handbuch der Schadenskunde von Bäumen- Der Baum in Mechanik und Rechtsprechung, 2. Auflage, Rombach Verlag Freiburg

^[5]Ramann, E. (1911), Bodenkunde, Springer Verlag, Berlin (mit Hinweis auf Allg. Forst- u. Jagdztg. 1890, S. 159

^[6]Köstler, N., Brückner, E. und Bibelriether, H. (1968), Die Wurzeln der Waldbäume, Verlag Paul Parey Hamburg (s. S. 64)

^[7]Mitscherlich, G. (1971), Wald, Wachstum und Umwelt, Sauerländers Verlag, Frankfurt (s. S. 30)

^[8]Cutler, D.F. und Richardson, I.B.K. (1991), Tree Roots and Buildings, Longman Scientific & Technical, 2. Auflage, Harlow, Essex

^[9]DIN 19712 (1997), Flußdeiche, Beuth Verlag, Berlin

^[10]DVWK-Merkblätter 210 (1986), Flußdeiche, Verlag Paul Parey Hamburg

^[11]DVWK-Merkblätter 226 (1993), Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flußdeichen, Verlag Paul Parey Hamburg

^[12]Mattheck, C. (1996), Stupsi erklärt den Baum, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe (nur zu beziehen bei Buch- Mende, Fax: 0721/815343)

Die Studie wurde im Auftrag des II. Oldenburgischen Deichbandes, Franz-Schubert-Straße 31, 26919 Brake erstellt

Die Erstveröffentlichung dieses Beitrages erfolgte im Tagungsband des 5. VTA-Spezialseminar „Messen und Beurteilen am Baum“, Karlsruhe, 1999

Prof. Dr. C. Mattheck
Dr. K. Bethge
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Technik und Umwelt
Institut für Materialforschung II
Postfach 3640
D- 76021 Karlsruhe