

Setzungsschäden an Gebäuden durch Bäume – Diagnosemöglichkeiten und praktische Beispiele

Settlement Damage to Buildings by Trees – Diagnostic Options and Practical Examples

von Katharina Weltecke

Zusammenfassung

In den letzten Jahren sind auf tonigem Baugrund vermehrt Schäden an Gebäuden durch Setzungen entstanden. Wenn sich Bäume in der Nähe der Gebäude befinden, stehen diese oft im Verdacht, durch Wasserentzug im Baugrund die Setzungen zu verursachen. Die Ursachen für Setzungsschäden können aber vielgestaltig sein, sodass eine genaue Analyse notwendig ist, um den tatsächlichen Einfluss der Bäume auf die Schädigung zu beurteilen. Dieser Artikel erläutert die witterungs- und baumbedingten Dynamiken im Baugrund von tonigen Böden. Es werden daraus abgeleitete Untersuchungsansätze aufgezeigt, um die Beteiligung von Bäumen bei Bausetzungsschäden abzuschätzen. Zwei Beispiele zeigen die Spannbreite der resultierenden Ergebnisse.

Summary

In recent years there has been increased damage to buildings due to subsidence on clayey building sites. If there are trees in the vicinity of the buildings, they are regularly suspected of causing the subsidence by dehydrating the soil. However, the causes of settlement damage can be manifold. Therefore a precise analysis of the situation is necessary to assess the actual influence of the trees on the damage. This article explains the weather- and tree-related dynamics at clayey building sites and presents some approaches to investigate the involvement of trees in damage to buildings. Two examples, which are basically similar, show the range of the results.

1 Einleitung

In den letzten Jahren sind vermehrt Setzungsschäden an Gebäuden auf tonigen Standorten entstanden, für die häufig pauschal Bäume verantwortlich gemacht wurden. Für die Schadensuntersuchung werden im Regelfall Baugrundsachverständige bzw. Bauingenieure, seltener auch Baumsachverständige beauftragt. Da Baugrundsachverständigen im Regelfall das Wissen über den Baum fehlt und Baumsachverständigen das Wissen über den Baugrund und die Gebäudestatik, wird der Sachverhalt häufig nur einseitig beleuchtet, was zu massiven Fehleinschätzungen der Situation führen kann. Eine unvoreingenommene Untersuchung der Situation ist unabdingbar, um die tatsächliche Ursache für die Schäden zu diagnostizieren.

In diesem Artikel werden die witterungs- und baumbedingten Dynamiken im Baugrund von tonigen Böden erläutert und daraus abgeleitete Untersuchungsansätze aufgezeigt, um die Beteiligung von Bäumen bei Bausetzungsschäden abzuschätzen. Zwei vom Prinzip her ähnliche Beispiele zeigen die Spannbreite der resultierenden Ergebnisse.

2 Die Dynamik des Baugrundes

2.1 Setzungsvorgänge

Baugrund und Bauwerk bilden immer eine konstruktive Einheit. Alle Bauwerkslasten müssen über die Gründung in den Baugrund eingeleitet werden (HEINRICHS et al.

2012). Wird der Boden durch ein Gebäude belastet, kommt es zu einer Volumenabnahme (Verdichtung) des Bodens, die als Setzung bezeichnet wird. Dies geschieht immer, sofern die Auflast des Gebäudes die vorherige Beanspruchung des Bodens übersteigt.

Die Tiefe und die Dauer der Setzung ist je nach Bodenbedingungen sehr unterschiedlich. Sandige und kiesige Böden bilden aufgrund ihrer guten Korn zu Korn-Kontakte ein stabiles Bodengerüst, wo Wasser schnell durch die groben Poren abfließen kann. Dadurch bleibt die Setzung gering und ist nach kurzer Zeit abgeschlossen. Bei feinkörnigen, bindigen Böden wird das Porenwasser erst nach und nach über einen langen Zeitraum herausgepresst. Daher muss man bei bindigen Böden nach einer Anfangssetzung mit deutlichen Nachsetzungen rechnen, die mehrere Jahre anhalten können. Bei tonigen Böden kann ein solcher Vorgang Jahrzehnte dauern. Bei stark humosen Böden kommen zu der stärkeren Anfangssetzung und den längeren Nachsetzungen auch noch lang anhaltende Setzungen aus Zersetzungsprozessen der humosen Bestandteile hinzu. Sie sind als Baugrund nicht geeignet (BIDDLE 1998; HEINRICHS et al. 2012; GAERTIG 2016).

Setzung ist also ein Prozess, der natürlicherweise bei Bauprojekten auftritt. Wenn die Setzung gleichförmig im gesamten Baugrund erfolgt, senkt sich das Gebäude gleichförmig und es entstehen keine Schäden. Problematisch werden Setzungen erst, wenn sie ungleichförmig verlaufen, sich also einige Bereiche stärker setzen als andere. Dann treten Spannungen im Gebäude auf, die sich an der schwächsten Stelle lösen und zu Rissbildungen führen.

2.2 Quellungs- und Schrumpfungsprozesse im Boden

Entweicht aus einem Boden Wasser, kann dieses entweder durch Luft ersetzt werden, wobei das Bodenvolumen konstant bleibt, oder die Bodenteilchen rücken näher zusammen und das Bodenvolumen wird kleiner. Welcher Prozess geschieht, hängt von der Bodenart und – eng damit im Zusammenhang stehend – von der Wasserspannung ab. Wasser wird in den Bodenhohlräumen durch Kapillarkräfte gegen die Schwerkraft gehalten. Je enger die Poren sind, desto stärker sind die

wirkenden Kapillarkräfte. In den engeren Poren ist das Wasser also stärker gebunden (stärker gespannt) als in den weiteren Poren. Trocknet ein Boden aus, werden zunächst die größeren Poren entwässert und erst bei weiterer Austrocknung die engeren Poren. Mit zunehmender Austrocknung des Bodens nimmt daher die Wasserspannung im Boden zu (HARTGE & HORN 1999; BLUME et al. 2016).

Sandige und kiesige Böden haben einen großen Anteil an weiten Poren, die schon bei geringer Wasserspannung entwässern. Die auftretenden Kräfte reichen nicht aus, die Lage der einzelnen Körner zu verändern. Es steigt lediglich der Anteil an mit Luft gefüllten Poren proportional zur Abnahme des Wassers. Eine Reduktion des Bodenvolumens durch Wasserentzug von Bäumen und damit einhergehende Bauschäden sind daher auf sandigen Böden so gut wie ausgeschlossen (BIDDLE 1998).

Im Gegensatz zu Sand kann sich insbesondere bei Tonen und in geringerem Maße auch bei Schluffen das Bodenvolumen durch Wasserentzug ändern. Da diese Böden feinporiger sind, treten höhere Wasserspannungen auf, die ein Zusammenrücken der Bodenteilchen und damit eine Volumenminderung bewirken können.

Das Schrumpfungs- und Quellungspotenzial von Tonböden ist sehr unterschiedlich. Es hängt von verschiedenen Faktoren wie Korngröße, Mineralzusammensetzung und Lagerungsdichte ab (REEVE et al. 1980). Weiterhin wird das Schrumpfungs- und Quellungspotenzial von der Ausgangsfeuchte des Tones bestimmt, die wiederum von dessen Wasserleitfähigkeit, der Witterung und der Vegetation beeinflusst wird.

2.3 Möglicher Einfluss von Bäumen auf die Schrumpfung von Tonböden

Bäume können dem Boden nur Wasser entziehen, das bis maximal 15.000 hPa im Boden gebunden ist. Stärker gespanntes Wasser ist nicht pflanzenverfügbar und wird als Totwasser bezeichnet. In einem Tonboden kann das Totwasser 30 % ausmachen (Tabelle 1).

Liegt der Wassergehalt deutlich unterhalb des Totwassergehaltes, können Bäume nicht die Ursache für die

Wassergehaltsdifferenz sein. Tabelle 1 gibt den Totwassergehalt von unterschiedlichen Tonböden und Lagerungsdichten an.

Wasser, welches mit weniger als 60 hPa gespannt ist, entweicht im Regelfall innerhalb von zwei Tagen der Schwerkraft folgend aus dem Boden. Das Wasser, das mit 60 bis 15.000 hPa gespannt ist, ist also das Wasser, welches durch Bäume dem Boden entzogen werden kann. Es wird als nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK) bezeichnet.

In tonigen Böden mit mittlerer bis hoher Lagerungsdichte beträgt die nutzbare Wasserspeicherkapazität zwischen 10 und 13 % (Arbeitskreis Forstliche Standortkartierung 2016). Findet die Schrumpfung gleichermaßen in alle Richtungen statt (isotrop), dann beträgt die maximale vertikale Schrumpfung ein Drittel der Gesamtschrumpfung (vgl. GAERTIG 2016). Bei einem Wasser- bzw. Volumenverlust von 13 mm/dm Bodenschicht (13 %) kann dies zu einer horizontalen Schrumpfung von maximal 4,3 mm/dm führen, also 4,3 cm auf 1 m Bodentiefe.

Zum Vergleich: Der Grenzwert einer schadensfreien Setzung liegt bei einer Muldenlage bei 1:500, also 1 cm auf einer Länge von 5 m. Bei einer Sattellage liegt der Grenzwert bei 1:300, also 1 cm auf einer Länge von 3 m. Bei einem Gebäude mit einer Seitenlänge von 9 m dürften also Setzungsdifferenzen von maximal 1,8 cm bei Muldenlage bzw. 3 cm bei Sattellage auftreten, sonst sind Schäden durch Setzungen zu erwarten.

2.4 Räumliche und zeitliche Schwankungen der Bodenfeuchte

Außerhalb der Vegetationszeit haben Laubbäume keine Blätter, sodass der Wasserverlust durch Transpiration in den Wintermonaten vernachlässigbar ist. Nadelbäume hingegen können auch in den Wintermonaten Photosynthese betreiben und weisen daher eine gewisse Verdunstungsleistung auf. Allerdings ist diese aufgrund der Kürze der Tage und der niedrigen Temperaturen deutlich reduziert. Dadurch ist es möglich, dass sich der Bodenwasserspeicher sowohl im Bereich von Laub- als auch von Nadelbäumen durch die winterlichen

Tabelle 1: Grenzwerte (Totwassergehalt in Vol.-% und Gew.-%) unterhalb derer Bäume dem Boden kein Wasser mehr entziehen können, aufgeschlüsselt nach Bodenart und der Stufe der Trockenraum-dichte (Arbeitskreis Forstliche Standortkartierung 2016).

Bodenart	Totwasser (Vol.-%)			Totwasser (Gew.-%)		
	3	4	5	3	4	5
Stufe Trockenraum-dichte	3	4	5	3	4	5
Tt	30	23		25	16	
Tl	28	24		20	15	
Tu2	30	26		21	16	
Tu3	25	25	17	17	15	9
Tu4	20	19	16	13	11	8
Ts2	26	22		19	14	
Ts3	24	21		17	13	
Ts4	18	19	19	12	11	10
Lt2	22	21	20	15	12	10
Lt3	27	25	24	19	16	12
Lts	23	20	20	15	12	10
Ut3	12	12		7	7	
Ut4	16	16	15	10	9	8

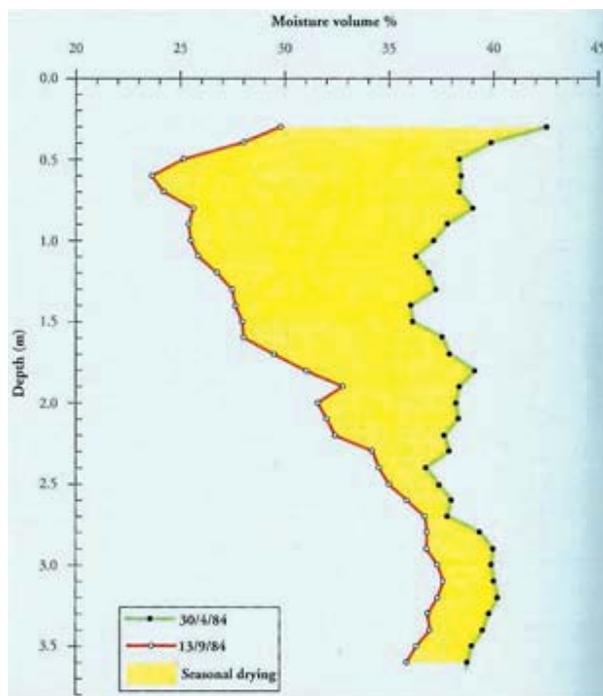


Abbildung 1: Bodenfeuchteprofile in 5 m Entfernung zu einer Pappel auf tonigem Boden. Die linke Kurve zeigt das Bodenfeuchteprofil zum Zeitpunkt der stärksten Austrocknung im Herbst, die rechte Kurve zum Zeitpunkt der größten Feuchte im Frühjahr. Der gelbe Bereich dazwischen gibt somit das Gesamtmaß der saisonalen Austrocknung an (BIDDLE 1998).

Niederschläge wieder auffüllt. Typischerweise ist die Bodenfeuchte am größten, wenn die Bäume austreiben, also etwa im April (BIDDLE 1998).

Das für die Photosynthese benötigte Wasser wird zunächst aus den Bodenbereichen bezogen, in denen es leicht verfügbar ist. Je grobkörniger der Boden, desto geringer ist die Wasserspannung und desto leichter ist das Wasser verfügbar. Da auf tonigen Böden häufig Aufträge mit größerer Körnung vorhanden sind, werden im Regelfall also zunächst die oberen Bodenschichten entwässert. Bei fortschreitender Trockenheit wird Wasser auch aus den tieferen Bodenschichten entzogen und kann somit auch den Baugrund von Gebäuden beeinflussen. BIDDLE (1998) hat eine Austrocknung des Bodens im Bereich einer Pappel bis zu 3,50 m Tiefe gemessen (Abbildung 1). Aber auch Hecken und Büsche können den Boden bis zu einer Tiefe austrocknen, die Schäden an Gebäuden hervorrufen kann. Unter Rasen reichte die gemessene Austrocknung immerhin bis 1,20 m (BIDDLE 1998).

Dabei können die Bodenfeuchtegehalte auch unter den Permanenten Welkepunkt fallen, also in Bereiche, wo das Wasser nicht mehr für Pflanzen verfügbar ist. Die weitere Austrocknung geschieht dann durch Diffusion von Wassermolekülen aus Bereichen mit höherer Sättigung in Bereiche mit geringerer Sättigung (dampförmiger Wassertransport) (HARTGE & HORN 1999).

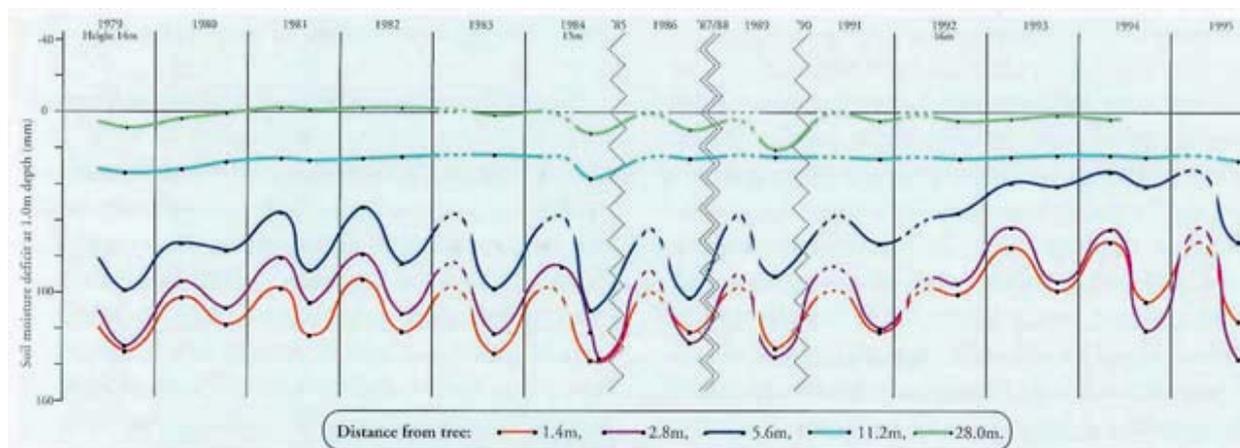


Abbildung 2: Saisonale Schwankung des Bodenfeuchtedefizits in 1 m Tiefe in verschiedenen Distanzen zu einer Linde auf Tonboden (BIDDLE 1998). Die Bodentrockenheit nimmt in Intensität und Tiefe kontinuierlich im Laufe des Sommers zu und erreicht ihr Maximum – je nach Witterung – etwa Mitte September. In den Wintermonaten kommt es zu einer Wiederanfeuchtung des Bodens.

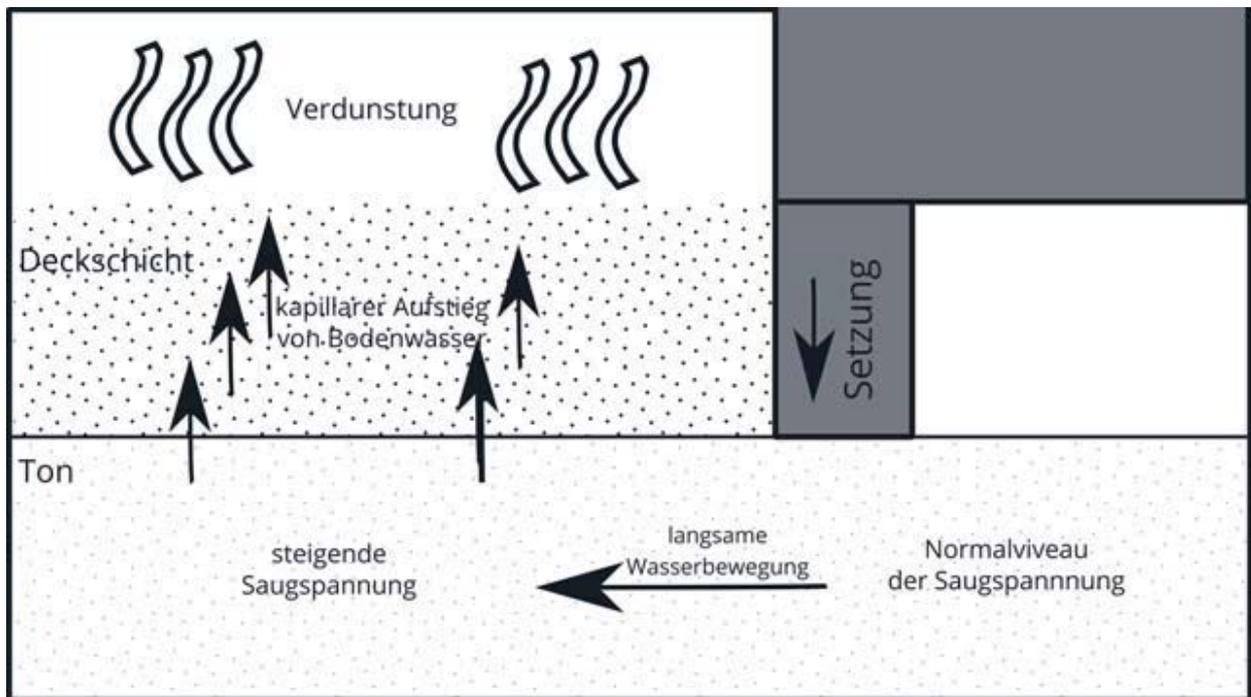


Abbildung 3: Mechanismen der Bodenverformung bei Wasserentzug in tonigen Böden. Kommt es z. B. durch Verdunstung zu einer Austrocknung des Bodens, tritt aufgrund der langsamen Wasserbewegung in Tonen zunächst ein Ungleichgewicht zwischen der Bodenfeuchte außerhalb des Gebäudes und unterhalb des Gebäudes auf. Dieses Ungleichgewicht führt zu ungleichmäßigen Schrumpfsetzungen. Erst stark zeitverzögert gleichen sich die Wasserpotenziale aus (BACHMANN 1998).

In den meisten Jahren nimmt die Bodentrockenheit in ihrer Intensität und Tiefe kontinuierlich im Laufe des Sommers zu und erreicht ihr Maximum – je nach Witterung – etwa Mitte September. Der Kreislauf von Austrocknung im Sommer und Wiederanfeuchten des Bodens im Winter wiederholt sich jährlich (Abbildung 2). Auf tonigen Böden wird durch diese saisonale Schwankung der Feuchtigkeit ein saisonales Quellen und Schrumpfen des Bodens produziert. In den meisten Fällen beläuft sich der Einfluss von Bäumen auf diesen saisonalen Effekt (BIDDLE 1998).

Dauert die Trockenheit mehrere Jahre hintereinander an, kann es bei Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit passieren, dass sich der Boden in den Wintermonaten nicht wieder vollständig aufsättigt und es zu einem permanenten Wasserdefizit kommt.

Aber auch ohne den Einfluss von Vegetation kann es witterungsbedingt zu ungleichmäßigen Setzungen von Tonen kommen. So hat BACHMANN (1998) festgestellt, dass durch stetig zunehmende Versiegelung und

Kanalisation von Oberflächenwasser kontinuierlich weniger Wasser in den Boden gelangt ist. Dadurch ist der Boden zunehmend weiter ausgetrocknet. Diese Austrocknung erfolgte allerdings nicht gleichmäßig: Durch die langsame Wasserbewegung in Tonen trocknete der Baugrund in den Randbereichen der Gebäude schneller aus als mittig unter den Gebäuden. Dadurch kam es zu einer Sattellage der Gebäude, die zu massiven Schädigungen geführt hat (Abbildung 3).

2.5 Einfluss des Klimawandels auf die Bodenfeuchte

Die Jahre 2018, 2019 und 2020 waren extrem trocken. Die Temperaturen lagen ganzjährig 1 bis 2 °C über dem deutschen Mittel von 1981-2010. Gleichzeitig lagen die Niederschläge während der Vegetationszeiten (Frühling und Sommer) 14 bis 35 % unter dem langjährigen Mittel (DWD 2019, 2020, 2021). Im Herbst und Winter 2018 (Vegetationsruhe) sind 20 % weniger Niederschläge gefallen als im langjährigen Durchschnitt, sodass sich die

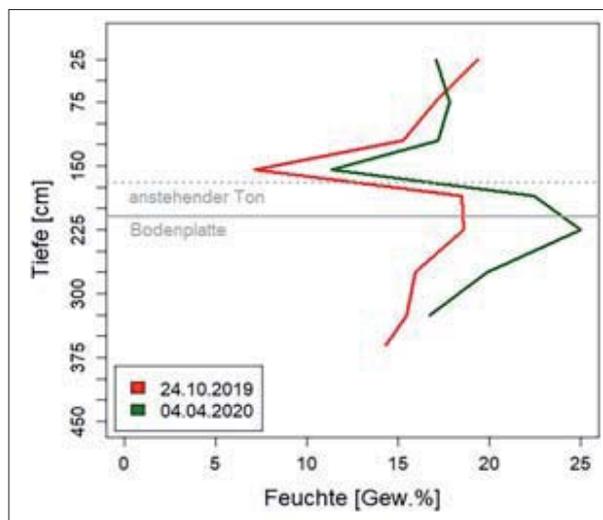


Abbildung 4: Bodenfeuchteprofile auf tonigem Boden unter Rasen ohne Einfluss von Bäumen. Die linke Kurve zeigt das Bodenfeuchteprofil zum Zeitpunkt der stärksten Austrocknung im Herbst, die rechte Kurve zum Zeitpunkt der größten Feuchte im Frühjahr. Der Bereich dazwischen gibt somit das Gesamtmaß der saisonalen Austrocknung an.

ausgeschöpften Bodenwasservorräte nicht wieder vollständig auffüllen konnten (DWD 2019).

Im Ergebnis hat sich deutschlandweit im Jahr 2018 eine extreme Dürre bis in tiefe Bodenschichten ausgebildet. Von dieser Dürre konnte sich der Boden in der Vegetationsruhe 2018/2019 nicht erholen, sodass schon im Frühjahr 2019 mit einer Dürre in die Vegetationszeit gestartet wurde. Diese Dürre intensivierte sich in den darauffolgenden trockenwarmen Sommern 2019 und 2020. Diese extremen Witterungsbedingungen haben dazu geführt, dass selbst ohne Einfluss von Bäumen eine Austrocknung des Bodens unter Rasen bis in 3,25 m Tiefe auftreten konnte (Abbildung 4).

3 Die Beteiligung von Bäumen bei Bausetzungsschäden beurteilen – Diagnosemöglichkeiten

Um zu beurteilen, ob Bäume ursächlich für Bausetzungsschäden sind, reicht es nicht aus festzustellen, dass ein Baum in der Nähe eines Hauses steht, das auf einem plastischen Ton gegründet ist. Auch die Feststel-

lung von hausnahen Wurzeln ist als Beweiskriterium ungenügend (vgl. STRECKENBACH 2022, gleicher Band). Zielführend ist hingegen, zu beobachten, wie sich der Wasserentzug durch Bäume auf den Baugrund im Laufe des Jahres auswirkt. Bewährt hat sich dafür eine regelmäßige Nivellierung des Gebäudes und gleichzeitige Messung der Bodenfeuchte an repräsentativen Messpunkten. Weitere Aufnahmeparameter dienen dazu, die Beobachtungen in den richtigen Kontext zu setzen.

Eine detaillierte Übersicht über die Diagnosemöglichkeiten von Bausetzungsschäden unter Beteiligung von Bäumen liefert BIDDLE (1998). Aus diesem Werk werden im Folgenden die wichtigsten Untersuchungen vorgestellt.

3.1 Untersuchungen am Gebäude

Detaillierte Untersuchungen zur Geschichte des Gebäudes, zur Bauart und zum Schadensverlauf helfen dabei, die Schadensursache herauszufinden und andere mögliche Schadensquellen als Bäume nachzuweisen oder auszuschließen. Daher sollte ein Sachverständiger versuchen, in Bezug auf das Gebäude folgende Fragen zu klären:

1. Wann wurde das Gebäude errichtet und welche Umbaumaßnahmen gab es?

Das Alter des Gebäudes sollte in Bezug zum Alter der infrage stehenden Bäume gesetzt werden. Daraus kann abgeleitet werden, ob das Gebäude oder das Gehölz älter ist und somit potenziell die Gefahr einer Quellung oder Schrumpfung besteht (vgl. Abschnitt 3.2).

Ein Augenmerk ist auf spätere An- und Umbauten zu richten, die in besonderem Maße anfällig für Schäden sind. Anbauten haben häufig eine andere Gründungstiefe als das Hauptgebäude, wodurch es vor allem am Übergang der beiden Gebäudeteile zu Rissbildungen kommen kann. Umbauten, insbesondere wenn sie tragende Wände betreffen, können die Fundamentlast beeinflussen und somit Schäden verursachen (MEICHNER 2015). Weiterhin können Bodenaufgrabungen, die z. B. für Arbeiten an den Versorgungsleitungen durchgeführt wurden, einen Verlust der Tragfähigkeit des Bodens bedeuten.

Broad-leafed trees											Coniferous trees															
Foundation depth (m)											Foundation depth (m)															
Distance Tree height H (m)											Distance Tree height H (m)															
D (m)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	D (m)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
1																										
2													2.50													
3													1.95	2.25	2.50											
4	2.50												1.45	1.85	2.15	2.35	2.50									
5	2.25	2.50											1.00	1.45	1.80	2.05	2.20	2.35	2.50							
6	2.00	2.30	2.50										1.00	1.45	1.75	1.95	2.15	2.25	2.40	2.50						
7	1.75	2.10	2.35	2.50									1.00	1.10	1.45	1.70	1.90	2.05	2.20	2.30	2.40	2.50				
8	1.50	1.90	2.20	2.40	2.50								1.00	1.15	1.45	1.65	1.85	2.00	2.15	2.25	2.35	2.40				
9	1.25	1.70	2.00	2.25	2.40	2.50							1.00	1.20	1.45	1.65	1.80	1.95	2.10	2.20	2.25	2.30	2.40			
10	1.00	1.50	1.85	2.10	2.25	2.40	2.50						1.00	1.20	1.45	1.65	1.80	1.90	2.05	2.15	2.20	2.25	2.30	2.40		
11	1.00	1.30	1.70	1.95	2.15	2.30	2.40	2.50					1.00	1.25	1.45	1.60	1.75	1.90	2.00							
12	1.00	1.10	1.50	1.80	2.00	2.20	2.30	2.45	2.50				1.00	1.25	1.45	1.60	1.75	1.90	2.00							
13	1.00	1.35	1.65	1.90	2.10	2.20	2.35	2.45	2.50				1.00	1.05	1.25	1.45	1.60	1.75	1.85							
14	1.00	1.20	1.50	1.75	1.95	2.10	2.25	2.35	2.45	2.50			1.00	1.10	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
15	1.00	1.40	1.65	1.85	2.00	2.15	2.25	2.35	2.45	2.50			1.00	1.10	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
16	1.00	1.25	1.50	1.75	1.90	2.05	2.20	2.30	2.40	2.45			1.00	1.15	1.35	1.50	1.65	1.80	1.90							
17	1.00	1.10	1.40	1.65	1.80	1.95	2.10	2.20	2.30	2.40			1.00	1.05	1.25	1.45	1.60	1.70	1.85							
18	1.00	1.25	1.50	1.70	1.90	2.00	2.15	2.25	2.30				1.00	1.10	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
19	1.00	1.15	1.40	1.60	1.80	1.95	2.05	2.15	2.25				1.00	1.10	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
20	1.00	1.30	1.50	1.70	1.85	2.00	2.10	2.20					1.00	1.20	1.40	1.50	1.65	1.80	1.90							
21	1.00	1.20	1.40	1.60	1.75	1.90	2.00	2.10					1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
22	1.00	1.10	1.30	1.50	1.70	1.85	1.95	2.05					1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
23	1.00	1.20	1.45	1.60	1.75	1.90	2.00						1.00	1.05	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
24	1.00	1.10	1.35	1.50	1.65	1.80	1.90						1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
25	1.00	1.25	1.45	1.60	1.75	1.85							1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
26	1.00	1.15	1.35	1.50	1.65	1.80							1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
27	1.00	1.05	1.25	1.45	1.60	1.70							1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
28	1.00	1.20	1.35	1.50	1.65								1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
29	1.00	1.10	1.30	1.45	1.60								1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
30	1.00	1.20	1.40	1.50									1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
31	1.00	1.15	1.30	1.45									1.00	1.05	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
32	1.00	1.05	1.25	1.40									1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.85							
33	1.00	1.15	1.30	1.45									1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
34	1.00	1.10	1.25	1.40									1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
35	1.00	1.20											1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
36	1.00	1.10											1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
37	1.00	1.05											1.00	1.05	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85							
38	1.00												1.00													

Abbildung 5: Vorgaben der NHBC (2020) zur Fundamenttiefe von Gebäuden auf plastischen Tonen in der Nähe von Bäumen mit hohem Wasserbedarf in Abhängigkeit von zu erwartender Baumhöhe und vom Abstand des Baumes zum Gebäude.

2. In welchem Zustand befinden sich Hausdrainagen und Ver- und Entsorgungsleitungen?

Hausdrainagen können unter Umständen Ursache von Schäden sein oder die Schadensbildung fördern. So kann es z. B. zu Rissbildungen kommen, wenn das Gebäude nachträglich trocken gelegt wurde.

Außerdem dienen Drainagen unwillkürlich als Belüftungskorridore. Nicht mehr voll funktionsfähige Drainagen führen zudem zu einer Durchfeuchtung der darunterliegenden Bodenbereiche. Diese Effekte sorgen dafür, dass unter Umständen Wurzeln in den Bereich des Fundamentes gelockt werden. Nicht beachtete Leckagen an Ver- und Entsorgungsleitungen können zur

Erosion von Feinmaterial führen, wodurch es zu Sackungen kommen kann.

3. Wie ist das Gebäude gegründet?

Kenntnisse über die Tiefe der Fundamentsohle sind unabdingbar. Je tiefer das Gebäude gegründet ist, desto geringer ist der Einfluss saisonaler Schwankungen. Als Orientierungshilfe dafür, wie tief ein Gebäude auf Tonböden mit umstehendem Baumbestand gegründet sein sollte, um Schäden möglichst zu vermeiden, können die britischen Standards der Organisation NHBC (National House Building Council) dienen. Sie hat Vorgaben gemacht, wie tief eine Fundamentsohle bei gegebenen Bodenbedingungen und einem gegebenen

Baumbestand sein sollte. Dafür wurden die Bäume nach Laub- und Nadelbäumen und entsprechend ihres Wasserbedarfs klassifiziert. Abbildung 5 zeigt beispielhaft für Böden mit einem hohen Schrumpfungspotenzial und für Bäume mit einem hohen Wasserbedarf, wie tief das Gebäudefundament in Abhängigkeit von der zu erwartenden Endhöhe des Baumes und dessen Abstand zum Gebäude liegen sollte (NHBC 2020).

Gibt es keine belastbaren Informationen über die Tiefe der Fundamentsohle, sollten Suchschachtungen durchgeführt werden. Diese können zusätzlich wertvolle Informationen zur Konstruktion und zum Zustand des Fundamentes und nebenbei auch zur Bodenart und Durchwurzelung liefern. Weiterhin sollte ggf. geprüft werden, ob das Fundament ausreicht, die Gebäudelast bei den gegebenen Bodenbedingungen aufzunehmen. Diese Prüfung gehört in den Aufgabenbereich von Bauingenieuren.

4. Wie ist die historische Entwicklung der Schäden und wie verändern sich die Risse im Jahresverlauf?

Das offensichtlichste Merkmal, wenn Gebäudeschäden auftreten, sind Risse. Anhand der Art und Lokalität der Risse können Bauingenieure häufig die Ursache der Risse bestimmen. Allerdings kann es bei alleiniger Betrachtung der Risse zu Fehlinterpretationen kommen (BIDDLE 1998). So sind z. B. die Rissbildungen, die bei Setzungen auftreten, häufig denen ähnlich, die durch Hebungen infolge von Quellungsprozessen in Erscheinung treten. Dies kann schwerwiegende Folgen haben, wenn basierend auf der fehlerhaften Diagnose falsche Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Der Zeitpunkt, wann die Risse aufgetreten sind und ihre Veränderungen im jahreszeitlichen Verlauf können wichtige Informationen zu ihrer Ursache liefern. Setzungsschäden aufgrund von Schrumpfungprozessen im tonigen Baugrund treten üblicherweise im späten Sommer auf, wenn der Boden am trockensten ist. Kommt es in den Wintermonaten zu einer Verkleinerung der Risse, ist dies ein Hinweis auf saisonale Schwankungen im Boden.

Somit ist anzuraten, die Art, Lokalität und saisonale Veränderung der Risse mit aufzunehmen, aber die Ergebnisse immer nur als einen Teil der Gesamtdiagnose

zu betrachten. Um die Entwicklung der Risse im Jahresverlauf zu beobachten, bietet sich die Verwendung von Rissmonitoren an, die im Vergleich zu Gipsmarken etwas präziser und sicherer in der Handhabung sind.

5. Wie ist die Gebäudebewegung im Jahresverlauf?

Eine Messung von Höhenunterschieden der Gebäudeebene (Nivellement) liefert unablässige Informationen, wenn der Verdacht auf Setzungsschäden besteht. Es kann prinzipiell davon ausgegangen werden, dass Gebäude waagrecht gegründet werden. Wesentliche Abweichungen von der Waagerechten deuten auf nachfolgende Veränderungen im Baugrund hin. Durch ein einfaches Nivellement kann somit häufig schon erfasst werden, ob es in der Vergangenheit ungleichmäßige Setzungen gegeben hat.

Sehr wichtige zusätzliche Informationen kann das Monitoring der Gebäudebewegung liefern. Wo Risse nur indirekt und teilweise uneindeutig eine Auskunft darüber geben, ob die Schäden auf Setzungen zurückzuführen sind, kann dies durch das Monitoring der Gebäudebewegung häufig direkt belegt oder widerlegt werden. Wenn Bäume ursächlich für verstärkte Setzungen sind, würde sich das Gebäude typischerweise auf der dem Baum zugewandten Seite im Spätsommer setzen und sich am Ende des Winters ggf. wieder etwas heben (vgl. Abschnitt 2.4). Wenn die größten Gebäudebewegungen entweder an einer anderen Stelle des Gebäudes geschehen, es in den Wintermonaten zu einer kontinuierlichen Setzung kommt (vgl. Beispiel 2, Abschnitt 4.2) oder in den Sommermonaten zu einer Hebung, sind sehr wahrscheinlich andere Ursachen für die Gebäudeschäden verantwortlich. Da ein Nivellement vergleichsweise einfach durchzuführen ist, dabei aber sehr wichtige Informationen für die Diagnose der Schadensursache liefert, sollte es einen elementaren Teil der Prüfungen darstellen.

3.2 Untersuchungen der Gehölze

Es sollten alle Gehölze – inklusive Büsche – in die Untersuchungen mit eingeschlossen werden, deren Einfluss durch das Wurzelwerk potenziell bis zum Gebäude reicht. Dabei sollte ein Sachverständiger versuchen, folgende Fragen zu klären:

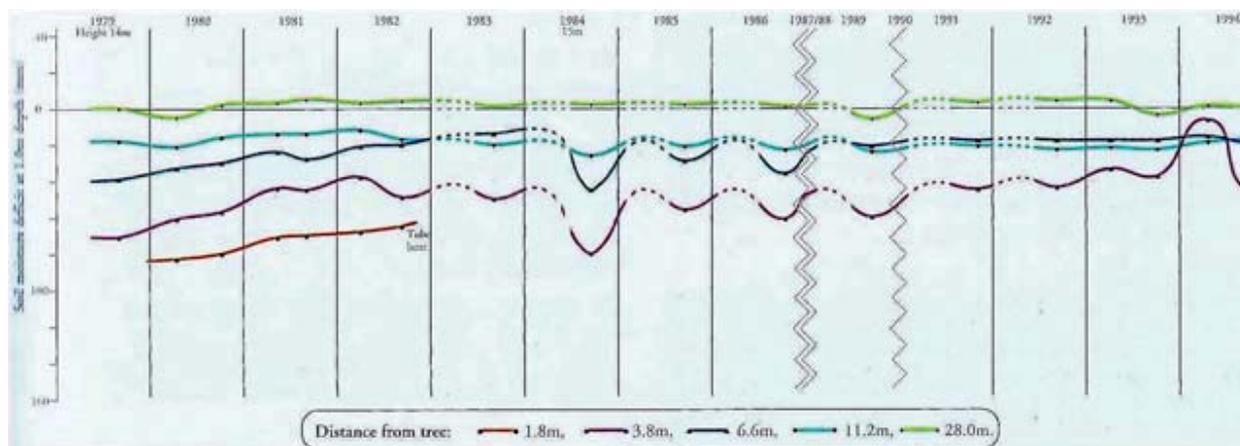


Abbildung 6: Progressive Abnahme des Bodenfeuchtedefizits in 1 m Tiefe in verschiedenen Abständen zu einer Rosskastanie auf einem tonigen Standort, die sukzessive ihre Krone zurückgebildet hat (BIDDLE 1998).

1. Wie war das Wachstum des Gehölzes in der Vergangenheit?

Die Aufnahme von Baumart, Baumalter, Höhe, Stammdurchmesser, Kronenausdehnung, Vitalität, Schnittmaßnahmen im Kronen- und Wurzelbereich und ggf. sogar des jährlichen Zuwachses dienen dem Ziel, den Einfluss des Baumes auf die Austrocknung des Bodens abzuschätzen. Trotz detaillierter Aufnahmen ist es nicht möglich, den aktuellen Wasserverbrauch des Baumes exakt zu bestimmen, geschweige denn dessen Wasserverbrauch in der Vergangenheit (vgl. STRECKENBACH 2022, gleicher Band).

Abgesehen davon, dass die Erhebung dieser grundlegenden Parameter standardmäßig zur Baumsprache dazu gehört, kann sie Indizien für die Beteiligung der Bäume an den Schäden geben. So ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gehölz ein nennenswertes Wasserdefizit produziert, bei einem vitalen Baum in der Reifephase deutlich höher als bei einem Baum in der Altersphase, der seine Krone und damit auch sein Wurzelwerk zurückbildet (FLL 2020).

Ältere Bäume befanden sich zudem häufig schon an einem Standort, bevor das Gebäude gebaut wurde und konnten entsprechend den Wasserhaushalt des Bodens in der Vergangenheit beeinflussen. Ein langsamer Rückbau von Krone und Wurzeln kann u. U. zu einer sukzessiven Wiederanfeuchtung und damit Quellung toniger Bodenschichten führen (Abbildung 6), die ebenso wie Setzungen erhebliche Schäden an Gebäuden

verursachen kann. Solche Quellungen können auch künstlich durch Fällungen oder stärkere Schnittmaßnahmen produziert werden.

2. Wie groß ist grundsätzlich das Potenzial des Baumes, in tonige Böden einzuwurzeln und diese auszutrocknen?

Bäume haben artspezifisch ein unterschiedliches Potenzial, in tiefe und dichte Bodenschichten einzuwurzeln. Während zum Beispiel Buche dichte, sauerstoffarme Verhältnisse meidet, haben Baumarten der Auwälder wie z. B. Eiche oder Platane Anpassungsstrategien entwickelt, um zumindest zeitweise mit Sauerstoffmangel zurechtzukommen. Sie haben eher das Potenzial, in dichte, tonige Böden einzuwurzeln und dem Boden aus diesen Bereichen Wasser zu entziehen. Umfangreiche Informationen zum Wurzelwachstum und zur -ökologie von Bäumen geben KUTSCHERA & LICHTENEGGER (2013). Dabei sollte allerdings bedacht werden, dass es erhebliche Unterschiede im Wurzelwachstum innerhalb einer Art gibt, die sowohl durch standortspezifische als auch genetische Variationen zwischen Individuen verursacht werden und die Effekte der interspezifischen Variation überlagern können (vgl. STRECKENBACH 2011).

Zu bedenken ist auch, dass allein anhand von Wurzeleinwüchsen in tonige Lagen kein Rückschluss auf den Wasserverbrauch von Bäumen in diesen Bodenschichten getroffen werden kann oder dass eine potenzielle Wasserentnahme zu Schrumpfungen geführt hat.

Ebenso wenig kann der radiale Einfluss der Wurzeln (Entfernung zum Baum) abgeschätzt werden (vgl. STRECKENBACH 2022, gleicher Band). Aus diesen Gründen ist die Bildung von Ranglisten zum Gefährdungspotenzial von Baumarten wenig sinnvoll (BIDDLE 1998).

3. Gibt es im Bereich der Fundamentsohle Wurzeln?

Grundsätzlich ist es wichtig und richtig zu schauen, ob es im Bereich der Fundamentsohle Wurzeln gibt. Allerdings sollten diese Wurzelfunde nicht überbewertet werden. Sie können ein Indiz dafür sein, dass die entsprechende Baumart an den Schäden beteiligt war, aber sie beweisen es nicht. Außerdem kann dadurch nicht die mögliche Beteiligung anderer Bäume ausgeschlossen werden oder davon abgeleitet werden, dass zukünftig Schäden auftreten werden (vgl. STRECKENBACH 2022, gleicher Band).

4. Ist der Baum erhaltenswürdig und erhaltensfähig?

Bei der Beurteilung der Erhaltenswürdigkeit eines Baumes wird geschaut, ob dieser z. B. aus natur-, arten- oder denkmalschutzfachlichen Gründen, gestalterischen Gesichtspunkten (z. B. Erhaltung eines prägenden Baumes/einer Gruppe/Allee) oder klimatischen Aspekten (z. B. Kühlungsfunktion) erhaltenswürdig ist. In Bezug auf die Erhaltensfähigkeit eines Baumes wird hingegen geschaut, inwieweit dieser aufgrund seiner Vitalität, Gesundheit und Verkehrssicherheit erhaltensfähig ist.

Eine Erhebung der Erhaltenswürdigkeit und Erhaltensfähigkeit sollte insbesondere unter dem Aspekt sinnvoller Hilfsmaßnahmen durchgeführt werden. Wenn der Baum z. B. aufgrund mangelnder Verkehrssicherheit nur noch kurzfristig erhalten werden kann, ergeben sich unter Umständen andere Hilfsmaßnahmen als bei einem voll erhaltenswürdigen und erhaltensfähigen Baum.

3.3 Untersuchung des Baugrundes

Der Boden bildet die Brücke zwischen dem Gebäude und dem Baum. Deswegen kommt ihm bei der Beurteilung, inwieweit Bäume an Bausetzungsschäden beteiligt sind, eine besondere Bedeutung zu.

Generelle Informationen zu den vorhandenen Böden in einem Gebiet bieten Bodenkarten, die die geologischen Dienste in den meisten Bundesländern online frei zur Verfügung stellen. Aufgrund des kleinen Maßstabes der Karten, der Heterogenität von Böden und massiver anthropogener Umlagerungen im urbanen Bereich liefern diese Karten allerdings nur sehr grobe Informationen. Besteht aufgrund der geografischen Lage des Standortes der Verdacht, dass im Baugrund Tone vorhanden sein könnten, ist eine detaillierte Aufnahme des Baugrundes zwingend erforderlich.

Nähere Informationen zum Baugrund können Baugrundgutachten liefern. Leider basieren diese in der Praxis häufig lediglich auf ein oder zwei Bohrungen, sodass die Heterogenität des Schichtenaufbaus im Baugrund dadurch nicht erfasst wird.

Der einzige Weg, detaillierte Informationen über einen Standort zu bekommen, sind Bohrungen. Neben den vorhandenen Bodenarten können weitere wichtige Informationen gewonnen werden, wie z. B. über die Durchlässigkeit der Böden, die Durchwurzelung und insbesondere über die Bodenfeuchte (siehe folgende Fragestellungen). Die Bohrungen sollten zeitgleich mit den Nivellements durchgeführt werden (vgl. Absatz 3.1). Dies ermöglicht die gemeinsame Interpretation der Gebäudebewegung und der Bodenfeuchte. Die Anzahl, Lage und Tiefe der Bohrungen muss entsprechend der Fragestellung und Situation vor Ort angepasst werden. Im Regelfall genügt eine Bohrtiefe von fünf bis sechs Meter. Die Anzahl und Lage der Bohrungen sollte so gewählt sein, dass die Heterogenität des Baugrundes und die unterschiedliche Durchfeuchtung des Bodens im Abstand zu den infrage stehenden Gehölzen erfasst werden. Es empfiehlt sich, immer Bohrungen im Bereich der stärksten Schädigung und im Bereich der schwächsten Schädigung niederzubringen. Außerdem sollte versucht werden, mindestens eine Referenzbohrung außerhalb des Einflussbereiches der Gehölze zu machen.

Die Bodenuntersuchungen dienen dem Sachverständigen, um folgende Fragen zu klären:

1. Wie wurde der Standort in der Vergangenheit genutzt und beeinflusst?

Vergangene Nutzungen des Standortes können die Lagerungsdichte und damit die Tragfähigkeit des Bodens

z. B. durch Aufschüttungen oder durch Auflast eines Gebäudes beeinflusst haben. Dabei sind auch Bodenveränderungen vor der Außenwand eines Gebäudes für dessen Stabilität relevant. So kann z. B. durch Abgrabung im Zuge von Drainage- und Leitungsverlegungen oder den Bau benachbarter Gebäude oder aber auch durch Schrumpfungsprozesse der seitlich stabilisierende Gegendruck des Bodens wegfallen, sodass es plötzlich zu einer Lastumverteilung und damit zu einer Rissbildung kommen kann (NAVARRO et al. 2009).

Informationen über die historische Nutzung des Standortes können u. a. über den Grundstückseigentümer oder über historische Pläne und Luftbilder in Erfahrung gebracht werden.

2. Wie hoch ist das Schrumpfpotenzial- und Quellungspotenzial des Bodens?

Das Schrumpfpotenzial- und Quellungspotenzial von Böden hängt von verschiedenen Faktoren wie (Bodenart) Korngröße, Lagerungsdichte und Feuchtigkeit ab. Kenntnisse über diese Faktoren ermöglichen eine grundlegende Einschätzung des Schrumpfpotenzials. So treten Schäden durch Schrumpfung infolge von Bodenaustrocknung nur bei tonigen Böden und in geringerem Umfang bei schluffigen Böden auf (vgl. Abschnitt 2.2).

Die Bodenart und Dichte des Bodens bestimmen maßgeblich die Wasserdurchlässigkeit des Bodens und beeinflussen damit dessen saisonale Feuchteschwankungen, die wiederum ursächlich für Schrumpfungsprozesse sind. So können Böden mit hohen Wasserleitfähigkeiten bzw. hohen Feuchteschwankungen und geringem Schrumpfpotenzial ähnliche Bodenbewegungen auslösen wie stark plastische Böden mit geringen Wasserleitfähigkeiten bzw. geringen Feuchteschwankungen.

Ist ein Tonboden mit wasserleitfähigen Bändern oder Horizonten aus Kies-, Sand- oder Schluffschichten durchzogen, sorgen diese auf der einen Seite für eine schnellere Wiederbefeuchtung des Tones in tieferen Lagen. Auf der anderen Seite haben solche Schichten eine drainierende Wirkung. Zudem werden diese Bereiche gerne von Pflanzenwurzeln angenommen. Beide Effekte sorgen für eine schnellere Austrocknung des Tones. Die leichtere Wiederbefeuchtung und schnellere

Austrocknung des Bodens ziehen große Feuchteschwankungen und damit auch Bodenbewegungen nach sich. Einen ähnlichen Effekt können nicht vollständig funktionsfähige Drainageleitungen verursachen (vgl. Abschnitt 3.1).

Anhand von gestörten Bohrproben ist die Wasserdurchlässigkeit nicht exakt bestimmbar, da die Bodenstruktur durch die Bohrung gestört wird. Hinweise geben allerdings der Bohrfortschritt, Änderungen der Bodenart und ggf. auftretendes Schichtenwasser.

Mithilfe eines Ödometers kann im Labor eine genauere Bestimmung des Schrumpfpotenzial- und Quellungspotenzials erfolgen. Dies erfordert allerdings ungestörte Stechzylinderproben, wodurch der Erhebungsaufwand deutlich steigt.

3. Ist der Baugrund homogen?

Ein nicht homogener Baugrund ist eine sehr häufige Ursache für Bausetzungsschäden. Bäume können allerdings die Effekte, die durch einen inhomogenen Baugrund auftreten, verstärken oder aber auch abschwächen. Bei einer Gemengelage unterschiedlicher Schadensursachen ist es nicht möglich zu quantifizieren, in welchem Maße die Bäume an dem Schaden beteiligt sind.

Besteht der Baugrund aus einer homogenen Packlage plastischen Tons und ist es zu einer Setzung während der Sommermonate auf der baumzugewandten Seite des Gebäudes gekommen, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Baum an der Setzung beteiligt ist (vgl. Beispiel 1, Abschnitt 4.1).

4. Wie verändert sich die Bodenfeuchtigkeit im gesamten Baugrund und im Wurzelraum?

Das Monitoring der Bodenfeuchte liefert in Kombination mit dem Monitoring der Gebäudebewegung, der Aufnahme der Bodenarten und der Vegetation die wichtigsten Informationen, wenn der Einfluss von Bäumen bei Bausetzungsschäden ermittelt werden soll. Gibt es einen logischen Zusammenhang zwischen diesen Faktoren, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass die Gehölze mit ursächlich an den Setzungsschäden sind (vgl. Beispiel 1, Absatz 4.1). Dabei ist zu bedenken, dass schon eine geringe Bodenaustrocknung von ein bis zwei Prozent zu erheblichen Schrumpfungen führen

kann, wenn diese sich auf eine größere Tiefe ausdehnt (BACHMANN 1998).

Das Ausmaß der Bodenaustrocknung lässt sich über einen Vergleich der Bodenfeuchte am Ende der Vegetationsperiode und am Ende der Vegetationsruhe am gleichen Bohrpunkt (vgl. Abbildung 1 und 4) abschätzen. Ein Vergleich von zwei räumlich voneinander getrennten Bohrpunkten ist hingegen nicht sinnvoll, da es selbst bei homogenen Bodenverhältnissen erhebliche Unterschiede im Feuchtegehalt geben kann – auch ohne Einfluss von Vegetation (BIDDLE 1998).

Zur Bestimmung des Tiefenprofils der Bodenfeuchte sollten die Bodenproben möglichst engmaschig genommen werden, da sich die Feuchtigkeit schon innerhalb weniger Zentimeter signifikant unterscheiden kann. BIDDLE (1998) empfiehlt eine Probenahme im Abstand von 25 cm. Die Bodenproben sollten in wasserdichten Behältern transportiert und der gravimetrische Feuchtegehalt gemäß DIN EN ISO 17892–1:2015–03 (DIN 2015) bestimmt werden. Dabei wird der Wassergehalt einer Bodenprobe auf das Trockengewicht des Bodens bezogen.

5. Gab es Grundwasseränderungen?

Durch Witterung und Vegetationseinfluss kann es saisonale Schwankungen des Grundwasserstandes geben. Eine großflächige Abnahme von Grund- und Schichtwasser kann aber auch durch Grundwasserförderung z. B. zur Trinkwassergewinnung, im Zuge von Baumaßnahmen oder durch einen stetig steigenden Versiegelungsgrad entstehen (BACHMANN 1998).

Im Regelfall wirken sich Grundwassersenkungen auf größere Areale aus, sodass ganze Straßenzüge von Setzungen betroffen sein können. Diese können u. U. in einer deutlichen Entfernung zur eigentlichen Förderstelle liegen, was den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs erschwert. Treten allerdings in einem Straßenzug an Häusern Setzungen auf, bei denen der Einfluss von Vegetation ausgeschlossen werden kann, kann dies ein Hinweis z. B. auf Grundwasserabsenkungen sein.

In einem durchlässigen Boden kann der Grundwasserstand leicht mithilfe von Bohrlöchern gemessen werden, indem die Tiefe des Wasserspiegels gemessen wird,

der sich in dem Bohrloch einstellt. Da tonige Böden sehr schwach durchlässig sind, kann auf solchen Standorten der Grundwasserstand im Regelfall nur durch die Installation dauerhafter Beobachtungsrohre ermittelt werden.

4 Praxisbeispiele

4.1 Beispiel 1

An einem knapp 40-jährigen Einfamilienhaus sind im Sommer 2018 an der straßenzugewandten Hausseite Risse aufgetreten, die sich im Laufe des Sommers 2019 verstärkt haben. Im Straßenbereich vor dem Gebäude befanden sich zwei Stiel-Eichen, die zwei Jahre nach Errichtung des Gebäudes im Abstand von knapp 8 m zum Gebäude gepflanzt worden sind und aufgrund ihres jährlich zunehmenden Wasserbedarfs ursächlich für die entstandenen Schäden sein sollten.

Zur Beantwortung der Fragestellung wurden im Oktober 2019 und im April 2020 der Bodenwassergehalt und die Bodenkonsistenz bis in 4,50 m Tiefe gemessen sowie ein Feinnivelllement des Gebäudes durchgeführt. Außerdem wurden die Bodenarten bestimmt und die entstandenen Risse mithilfe von zwei Rissmonitoren beobachtet. In Bezug auf die Bäume wurden Baumhöhe, Durchmesser, Kronenausdehnung, Vitalität und in den Bohrprofilen die Durchwurzelung aufgenommen.

Die Nivellierung hat eine straßenseitige Anhebung des Gebäudes während der Wintermonate gezeigt (Abbildung 7). Diese Anhebung korrelierte mit steigenden Bodenfeuchtigkeitswerten. Daher ist davon auszugehen, dass die Gebäudeanhebung auf Quellungsprozesse des tonigen Bodens infolge der ansteigenden Bodenfeuchtegehalte in den Wintermonaten zurückzuführen ist. Dies ist als eine Wiederanfeuchtung nach vorhergehender Austrocknung während der Sommermonate zu interpretieren.

Die Messung der Bodenfeuchte zeigte außerdem, dass die Austrocknung des Bodens in den Sommermonaten ohne den Einfluss von größeren Bäumen (Referenzpunkt) bis in eine Tiefe von ca. 3,25 m reichte (Abbildung 4). Das heißt, allein durch die extreme Trockenheit in den beiden aufeinanderfolgenden Jahren 2018



Abbildung 7: Zunahme des Gebäudeniveaus an den einzelnen Nivellierungspunkten während der Wintermonate im Zeitraum vom 26.11.2019 bis 06.04.2020 (weiß). Die Bohrpunkte zur Messung der Bodenfeuchte sind hellblau markiert. Der Referenzpunkt hatte einen größtmöglichen Abstand zu größeren Bäumen.

und 2019 wird es im Boden zu tiefreichenden Schrumpfungprozessen gekommen sein, die über die saisonalen Schwankungen der Vorjahre hinausgingen.

Auffällig war eine hohe Bodenfeuchtigkeit unterhalb des Fundamentniveaus im Frühjahr 2020 an den hausnahen Untersuchungspunkten. Dies war auf sandige und kiesige Bodenschichten zurückzuführen, in denen sich Wasser sammeln, aber offensichtlich nicht (schnell) wieder abfließen konnte. Diese Schichten boten Baumwurzeln ideale Lebensbedingungen, da sie Raum (Poren), Luft und Wasser zur Verfügung stellten. Daher ist es wahrscheinlich, dass sich Baumwurzeln verstärkt in Hausnähe entwickelt haben. Dieser Verdacht wurde durch Wurzelfunde bis in eine Tiefe von drei bis vier Meter bestärkt. Diese Befunde machen eine Beteiligung der Bäume bei den Austrocknungsprozessen wahrscheinlich.

Zusammenfassend lassen die Beobachtungen den Schluss zu, dass die Risse an dem Einfamilienhaus eine Folge der extremen Witterungsbedingungen in den Sommern 2018 und 2019 waren, deren Auswirkungen durch die Straßenbäume verstärkt worden sind. Wie groß der Anteil der Bäume an dem Schaden war, lässt sich allerdings nicht ableiten.

4.2 Beispiel 2

An verschiedenen Stellen eines 18-jährigen Einfamilienhauses sind im Dezember 2018 Risse auffällig geworden, die sich im Laufe des Sommers 2019 verstärkt haben. Im Straßenbereich vor dem Gebäude befanden sich im Abstand von gut 9 m zum Gebäude zwei 80-120-jährige Eschen, die aufgrund ihres unbestimmten Wasserbedarfs ursächlich für die entstandenen Schäden sein sollten.

Zur Beantwortung der Fragestellung wurden im Oktober 2020 und im April 2021 der Bodenwassergehalt und die Bodenkonsistenz an fünf Bohrpunkten bis in 5,00-6,70 m Tiefe gemessen sowie ein Feinnivellement des Gebäudes durchgeführt. Außerdem wurden die Bodenarten bestimmt und die entstandenen Risse mithilfe eines Rissmonitors beobachtet. Von den Bäumen wurden Baumhöhe, Durchmesser, Kronenausdehnung, Vitalität und in den Bohrprofilen die Durchwurzelung aufgenommen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich das Gebäude in den Wintermonaten leicht gesetzt hat (Abbildung 8). Diese Setzung in den Wintermonaten ist unty-

pisch im Zusammenhang mit baubedingten Setzungsschäden und daher ein starkes Indiz dafür, dass die Rissbildungen nicht auf die Bäume zurückzuführen sind.

Weitere Hinweise machen den Einfluss der Bäume sehr unwahrscheinlich:

- Die Gründungstiefe des Gebäudes auf der Straßenseite übertrifft die in Großbritannien geltenden Standards zur Vermeidung von Setzungsschäden durch Bäume um mehr als das Doppelte (NHBC 2020). Die tiefe Einbindung des Gebäudes auf der Straßenseite verhinderte außerdem, dass die saisonale Schwankung der Bodenfeuchte im Untersuchungszeitraum bis unter die Fundamentsohle reichte (Abbildung 9).
- Oberhalb des gewachsenen Tonbodens haben die Bäume 4,50-5,50 m gut durchwurzelbaren Boden, sodass es sehr unwahrscheinlich ist, dass die Wurzeln in die schlecht belüfteten und durchwurzelbaren Tonschichten unterhalb des Fundamentes eingewachsen sind.

- Die Bäume standen schon 50-90 Jahre an dem Standort, bevor das Gebäude gebaut worden ist. Sie hatten somit ihre volle Kraft und Saugwirkung erreicht, bevor das Gebäude entstanden ist, und konnten den Boden schon vor Baubeginn austrocknen.

Eine zusätzliche Austrocknung in den Sommern 2019 und 2020 von tonigen Einlagerungen, die sich oberhalb des gewachsenen Tones befanden, kann aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit – wenn überhaupt – nur zu minimalen Schrumpfungen geführt haben, die das Ausmaß der Schäden nicht begründen. Aufgrund dieser Zusammenhänge ist es äußerst unwahrscheinlich, dass die im Straßenbereich vor dem Gebäude befindlichen Eschen die Rissbildungen verursacht haben.

5 Fazit

Häufig werden Bäume pauschal für Setzungsschäden an Gebäuden auf tonigen Standorten verantwortlich gemacht. Da die Ursachen für Rissbildungen im Allge-

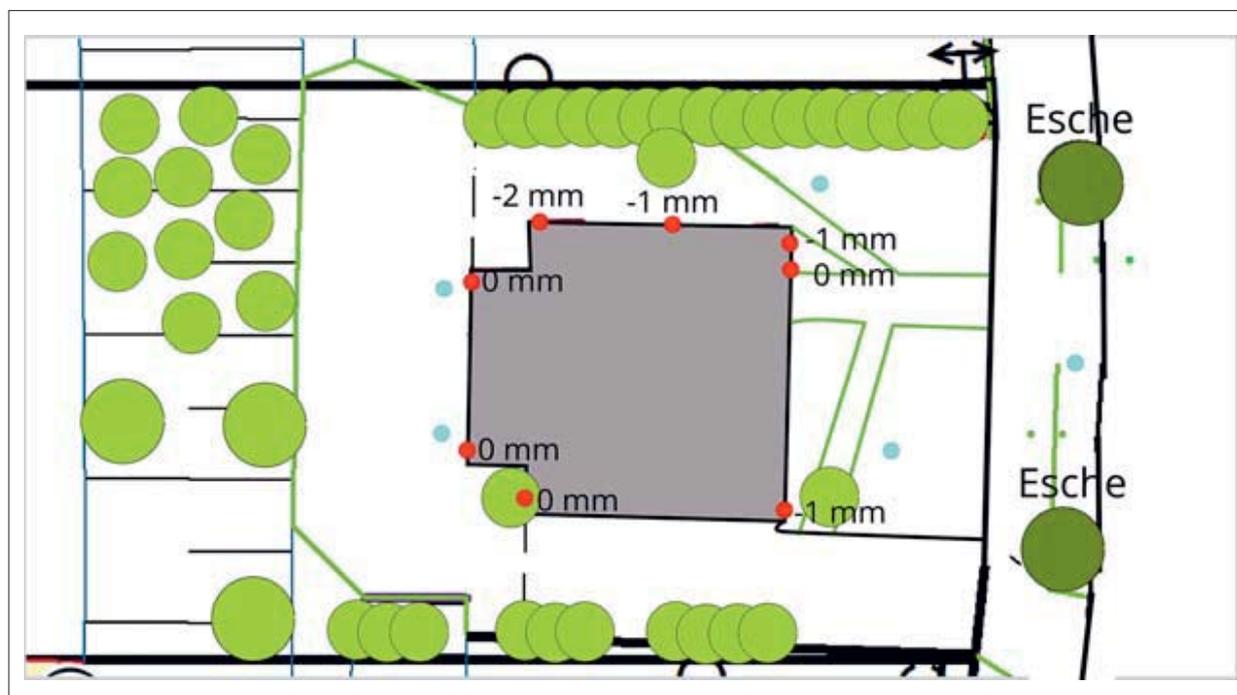


Abbildung 8: Gebäudebewegung während der Wintermonate im Zeitraum vom 17.11.2020 bis 08.04.2021 (rote Punkte). Auf der Nord- und Ostseite (Straßenseite) hat sich das Gebäude in den Wintermonaten leicht gesenkt. Die Bohrpunkte zur Messung der Bodenfeuchte sind hellblau markiert. Büsche und Bäume auf dem Grundstück sind als hellgrüne Kreise eingezeichnet, die strittigen Eschen im Straßenbereich dunkelgrün.

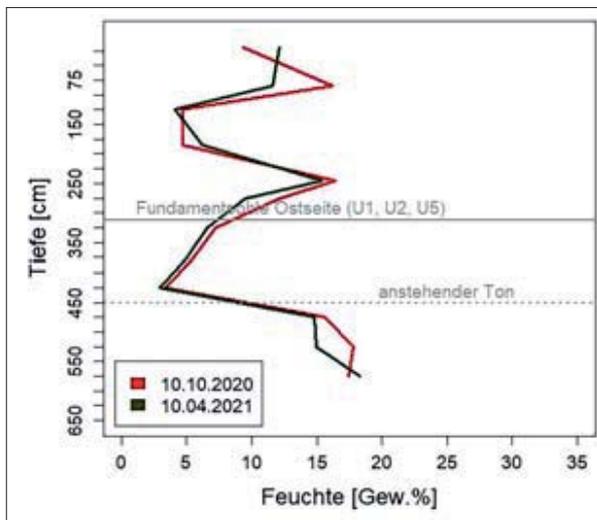


Abbildung 9: Bodenfeuchte [Gew.-%] an einem straßenseitigen Untersuchungspunkt im Oktober 2020 (rot) und April 2021 (grün). Aufgrund der tiefen Einbindung des Gebäudes gab es unterhalb des Fundamentniveaus keine Zunahme der Bodenfeuchte in den Wintermonaten.

meinen und für Setzungsschäden im Speziellen allerdings sehr vielgestaltig sein können, ist eine unvoreingenommene eingehende Analyse der jeweiligen Situation notwendig. Es kann grundsätzlich nicht von einer Situation auf die nächste geschlossen werden, auch wenn diese zunächst ähnlich erscheinen.

Die Untersuchungen, die erforderlich sind, um einen Gebäudeschaden durch Wasserentzug eines einzelnen Baumes nachzuweisen bzw. auszuschließen, sind aufwendig. Selbst äußerst detaillierte Aufnahmen liefern nicht zwangsweise präzise Antworten. Die beste Möglichkeit, einen Nachweis zu liefern, ist das Monitoring der Bodenfeuchte und der Gebäudebewegung im Jahresverlauf. Zusätzliche Aufnahmen zum Gebäude, zur Vegetation und zum Baugrund helfen, die Ergebnisse im Kontext zu interpretieren.

Literatur

- Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 2016: Forstliche Standortaufnahme. 7. Auflage, IHW-Verlag und Verlagsbuchhandlung, Eching, 400 S.
- BACHMANN, M., 1998: Bodenverformung infolge Wassergehaltsänderungen als Schadensursache bei Bauwerken auf Ton – Untersuchungen an historischen Bauwerken im südöstlichen Niedersachsen. Dissertation an der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig, 58, 163 S.
- BIDDLE, P. G., 1998: Tree Root Damage to Buildings: Vol 1 – Causes, Diagnosis and Remedy. Willowmead Publishing Ltd, 376 S.
- BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G. W.; HORN, R.; KANDELER, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; KRETZSCHMAR, R.; STAHR, K.; WILKE, B.-M., 2016: Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 569 S.
- DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.), 2015: DIN EN ISO 17892-1:2015-03: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts. In: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), 2000: Handbuch der Bodenuntersuchung. Beuth Verlag GmbH, Berlin und Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KG, Weinheim.
- DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.), 2021: DIN 1054:2021-04: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. Beuth, Berlin, 108 S.
- DWD (Deutscher Wetterdienst), 2019: Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2018. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 23 S. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/klimastatusbericht.html>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2021.
- DWD (Deutscher Wetterdienst), 2020: Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2019. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 23 S. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/klimastatusbericht.html>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2021.
- DWD (Deutscher Wetterdienst), 2021: Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2020. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, 29 S. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/klimastatusbericht.html>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2021.
- FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.), 2020: Baumkontrollrichtlinien – Richtlinien für Baumkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit. FLL, Bonn, 52 S.
- GAERTIG, T., 2016: Wasserentzug von Bäumen: Können Bäume Bausetzungsschäden auslösen? – Bodenphysikalische Grundlagen. In: Sachverständigenkuratorium e. V. (SVK) (Hrsg.): Wertermittlungsforum 2/2016, 58-64.
- HARTGE, K.-H.; HORN, R., 1999: Einführung in die Bodenphysik. 3. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 304 S.
- HEINRICH, W.; OBER, J.; HUPPERTZ, F.-J.; THALMANN, D.; WILDEN, U., 2012: in RWE Power AG (Hrsg.) Baugrund und Fundament: Ein Ratgeber von RWE Power AG, 35 S.
- KUTSCHERA, L.; LICHTENEGGER, E., 2013: Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher, 2. Auflage, Leopold Stocker Verlag, Graz, 604 S.
- MEICHSNER, H., 2015: Bauwerksrisse kurz und bündig – Rissentstehung, -ursachen und -vermeidung, Instandsetzung gerissener Bauteile. 2. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 182 S.

- NAVARRO, V.; CANDEL, M.; YUSTRES, Á.; ALONSO, J.; GARCÍA, B., 2009: Trees, lateral shrinkage and building damage. *Engineering Geology* 108, 189–198.
- NHBC (National House Building Council), 2020: NHBC Standards 2020. NHBC, Milton Keynes (GB), 401 S. Online unter: <https://nhbc-standards.co.uk>. Zuletzt aufgerufen am 30.07.2021.
- REEVED, M. J.; HALL, D. G. M.; BULLOCK, P., 1980: The effect of soil composition and environmental factors on the shrinkage of some clayey british soils. *European Journal of Soil Science* Vol. 13/3, 429–442.
- STRECKENBACH, M., 2011: Wurzelwachstum an naturfremden Standorten. In: ROLOFF, A.; THIEL, D.; WEISS, H. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Baumpflege, Baumverwendung und Jungbaumpflege. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 10, 5–17.
- STRECKENBACH, M., 2022: Setzungsschäden an Gebäuden durch Bäume – Baumbiologische Grundlagen. In: DUJESIEFEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2022. Haymarket Media, Braunschweig, 225–238.

Autorin

Dr. Katharina Weltecke ist Sachverständige für Baumstandorte und Koordinatorin des Forschungsprojektes „Sanierung von Bodenschadverdichtung urbaner Baumstandorte (SANURBAUM)“ an der Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK). Schwerpunkte ihrer Sachverständigentätigkeit sind Baumstandortanalysen, Gebäude-Baum-Interaktionen sowie baumfachliche Baubegleitung.

Boden & Baum

*Dr. Katharina Weltecke,
Dipl. Ing. (FH)*

Am Schlossteich 5

34454 Bad Arolsen

Tel. (05691) 877 33 33

weltecke@bodenundbaum.de

