

Klimaangepasste Stadtbäume Schützenmatte Bern «Auf der Suche nach klimaanpassungsfähigen Stadtbäumen»

In einem zehn Jahre dauernden Versuch auf der Schützenmatte testet die Stadt Bern unterschiedliche Baumarten und Baumsubstrate. Er soll darüber Aufschluss geben, welche Bäume mit heissen Sommern und längeren Trockenphasen besser zurechtkommen. Für den Test ist die weitgehend versiegelte Schützenmatte als Extremstandort für Trockenheit und Hitze ideal.



Abb. 1: Versuchsanlage auf der Schützenmatte, Juni 2022

1 Einleitung

Die Veränderungen im Klimasystem sind allgegenwärtig und betreffen zahlreiche Sektoren. Es ist heute unter Fachleuten unbestritten, dass die von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen für den Klimawandel hauptverantwortlich sind¹. Mit der in der Schweiz erwarteten Temperaturzunahme zwischen 0.5 und 3.6° C bis 2060 werden die Wachstums- und Standortbedingungen der Bäume nachteilig beeinflusst. Schliesslich verändert sich bei höheren Temperaturen und reduziertem Niederschlag in den Sommermonaten die Wasserverfügbarkeit der Vegetation und es muss mit einer Zunahme des Trockenstresses für Grünflächen und Strassenbäume gerechnet werden. Städtische Gebiete sind von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffen.

¹ Bundesamt für Umwelt, BAFU 2020, Klimawandel in der Schweiz

Grünflächen und Bäume können diese Effekte lokal abschwächen und die Lebensqualität in Städten erhöhen. Sie haben positive Auswirkungen auf das Mikroklima. Die temperatursenkenden Wirkungen ergeben sich aus Verdunstungskühle und Verschattungseffekten.

Stadtgrün Bern hat festgestellt, dass das veränderte Klima vielen Bäumen in der Stadt bereits heute Probleme bereitet. Sie weisen häufiger Schäden auf und müssen aufwändig gepflegt oder früher ersetzt werden. Eine Studie der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) Zollikofen im Rahmen des Forschungsprojekts «Urban Green & Climate» bestätigte, dass rund 20 Prozent des städtischen Baumbestandes die Toleranzen fehlen, die angesichts des Klimawandels nötig wären, um sich gesund weiterzuentwickeln².

Die Stadt Bern testet daher auf der Schützenmatte, wie resistent verschiedene Baumarten gegenüber Trockenheit, Hitzestress und Spätfrost sind. Es werden Bäume aus Südosteuropa und weiteren Gebieten mit ähnlichem Klima gepflanzt. Ziel ist es, Baumarten zu finden, die mit den längeren Trockenphasen und den niederschlagsarmen und heissen Sommern besser zurechtkommen als bisher verwendete Arten.

2 Kooperationspartner

- Ernst Habegger, Dipl. Ing. Agr. FH, Frutiger AG Analyza, Gümliigen;
- Roland Berger, Dipl. Ing. FH, Steiner & Partner Landschaftsarchitektur GmbH, Thun

Stadtgrün Bern übernimmt dabei die fachgerechte Pflanzung und Pflege der Bäume. Die Firmen Frutiger AG Analyza und Steiner & Partner Landschaftsarchitektur GmbH begleiten das Monitoring und beraten bei Fragen rund um die verwendeten Baumsubstrate, die Auswertung und Interpretation von Wetter- und Bodendaten sowie den Betrieb und Unterhalt der eingesetzten Messtechnik.

3 Projektbeschreibung

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung von praxisorientierten Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel. Um Anpassungsstrategien zu entwickeln und umzusetzen, muss mehr Wissen und Erfahrung über die Zusammenhänge zwischen meteorologischen Bedingungen, bodenkundlichen Eigenschaften von Baumstandorten sowie Wasser-Luft-Haushalt im Wurzelraum der Stadtbäume gesammelt werden. Im Rahmen des Versuchsprojekts soll für die ausgewählten Baumarten festgestellt werden, wie ihre Anpassungsfähigkeit an Trockenheit unter stadttüblichen Bodenbedingungen und meteorologischen Gegebenheiten zu bewerten ist.

Das Vorhaben integriert somit bodenkundliche und pflanzenphysiologische Untersuchungen in einem eigens dafür realisierten Feldversuch auf der Schützenmatte in Bern.

² <https://www.bfh.ch/de/forschung/forschungsprojekte/2014-068-233-784/>

4 Zielsetzung / Versuchsfragen

Um inskünftig Fortschritte bezüglich klimaangepasster Stadtbäume zu erzielen, hofft Stadtgrün Bern folgende Versuchsfragen innert nützlicher Frist beantworten zu können:

- Welche Baumarten vertragen Hitze- und Trockenstress?
- Anforderungen an die Bodeneigenschaften von Baumstandorten?
- Anforderungen zu Aufbau und Abmessung von Baumpflanzgruben?
- Bauliche Massnahmen zur Optimierung der Wasserversorgung in Baumpflanzgruben?
- Anforderungen an zukünftig einzusetzende Baumsubstrate?
- Pflege und Unterhalt hitze- und trockenheitsgestresster Bäume?
- Wasserbedarf hitze- und trockenheitsgestresster Bäume / Giesswassermanagement?

5 Versuchsanlage

5.1. Versuchsstandort / Anordnung

Die Versuchsfläche von rund 200 m² befindet sich inmitten der Schützenmatte in Bern, eines ursprünglich als Parkplatz genutzten asphaltierten Areals.

Der Baugrund besteht aus dicht lagernden und geschichteten Aushubmaterialien mit Bauschuttverunreinigungen, bestehend aus siltigen Tonen, sandigen und tonigen Silten. Im Versuchssperimeter ist die Sickerfähigkeit des Bodens als niedrig bis sehr niedrig einzustufen. Zur Aufnahme von Sickerwasser bzw. zur Vermeidung von Staunässe im Wurzelbereich wurden die Baumpflanzgruben mit einer 40 cm starken und sickerfähigen Kiessandschicht (Körnung 0/32 mm) gebettet.

5.2. Baumpflanzgruben / Bauweise

Abmessung und Volumen der offenen, nicht überbauten Baumpflanzgruben:

- Länge: 2.5 m
- Breite: 2.5 m
- Tiefe: 1.35 m
- Volumen der Baumpflanzgruben: 8.4 m³



Abb. 2: Baumpflanzgrube, 6. Oktober 2020

5.3. Baumsubstrate

Für die Untersuchungen wurden zwei verschiedene Baumsubstrate eingesetzt, die den Qualitätsanforderungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V. (FLL) entsprechen³.

- Baumsubstrat Nr. 1: Fabrikation in der Schweiz durch Stadtgrün Bern, bestehend aus Oberboden, kalkarmem Kiessand und Bims, nicht aufgedüngt. Korngrössenbereich 0/22 mm.
- Baumsubstrat Nr. 2: In Deutschland industriell gefertigtes Baumsubstrat, bestehend aus Oberboden, Lavakies, Bims und Zeolith, aufgedüngt. Korngrössenbereich 0/32 mm.

5.4. Baumarten

Folgende vier Baumarten wurden jeweils in jedes der beiden Substrate gepflanzt.

- Edelkastanie (*Castanea sativa*)
- Zerreiche (*Quercus cerris*)
- Silberlinde 'Szeleste' (*Tilia tomentosa* 'Szeleste')
- Feldulme (*Ulmus minor* 'Accolade')

Die Auswahl der im Versuch eingesetzten Baumarten wurde aufgrund praktischer Erfahrungen und Hinweisen in der Fachliteratur getroffen. Die Eignung weiterer Baumarten ist mit weiteren Versuchen an Standorten mit vergleichbaren Bedingungen abzuklären.

5.5. Pflanzung

Die Pflanzung der Bäume erfolgte am 3. Dezember 2020.



Abb. 3: Baumpflanzung, 3. Dezember 2020

³ Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2, FLL-Norm 2010

5.6. Untersuchungsparameter

Wetterdaten

Der Witterungsverlauf auf der Schützenmatte beeinflusst das Wachstum der Bäume massgebend. Zur laufenden Erfassung der Lufttemperatur, Niederschlagsmenge, relativen Luftfeuchtigkeit und des Dampfdrucks wird auf der Schützenmatte eine Wetterstation betrieben. Die Messwerte werden per Funk übermittelt und sind jederzeit in der Datenbank abrufbar.

Bodenwassergehalt und Bodentemperatur:

Bei jedem Baumstandort werden der Bodenwassergehalt und die Bodentemperatur in einer Tiefe von 20, 30, 40, 50, 70 und 90 cm in Zeitabständen von 10 Minuten gemessen. Die eingesetzten Messsonden und Sender sind im Boden vergraben, vor Vandalismus geschützt und wartungsfrei. Die Messwerte werden per Funk übermittelt und sind jederzeit in der Datenbank abrufbar.

Beurteilung der Versuchsbäume

Jährlich zweimalige Bonitierung (dendrologische Bewertung) der Bäume unter Leitung des Baumkompetenzzentrums von Stadtgrün Bern. Bewertung nach folgenden Beurteilungskriterien:

- Allg. Erscheinungsbild des Baumes
- Wachstum, Entwicklung und Vitalität des Baumes
- Stamm-Dickenwachstum
- Zuwachs, Verzweigung und Kronenvitalität
- Wachstum, Entwicklung und Zustand der Blätter

Untersuchung des Wurzelraumes

Sondierungen in der Baumpflanzgrube zur Bestimmung der räumlichen Entwicklung der Wurzeln und des quantitativen Grob- und Feinwurzelanteils.

6 Erste Ergebnisse und aktuelle Auswertungen

Während einer Versuchszeit von rund 2 Jahren haben die Versuchsbäume auf der Schützenmatte bereits verschiedentlich unter Hitze- und Trockenstress gelitten. Vorliegende Messergebnisse lassen eine erste Beurteilung über das Verhalten der Bäume unter Stresssituationen zu.

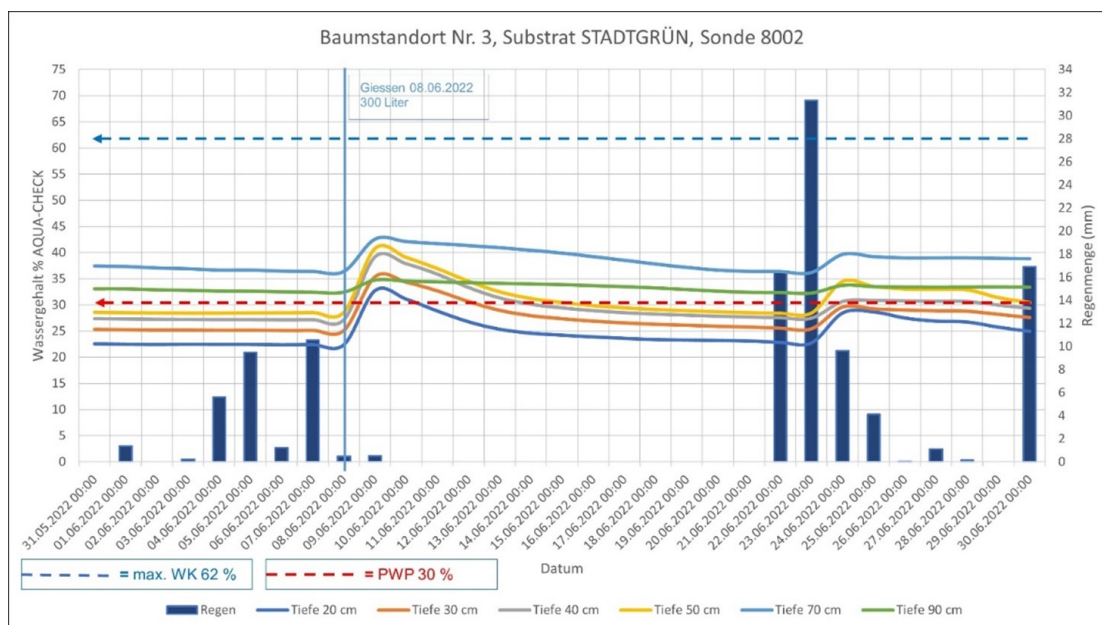
6.1. Witterungsverlauf

Seit Versuchsbeginn war die Lufttemperatur im Vergleich mit den Klimanormwerten um durchschnittlich 2.1°C zu hoch.

Seit Versuchsbeginn war die Niederschlagssumme im Vergleich mit den Klimanormwerten durchschnittlich 7.7 mm zu gering.

Die Monate Mai, Juni und Juli 2022 waren besonders von hohen Lufttemperaturen bis zu 35°C und geringen Niederschlagsmengen geprägt.

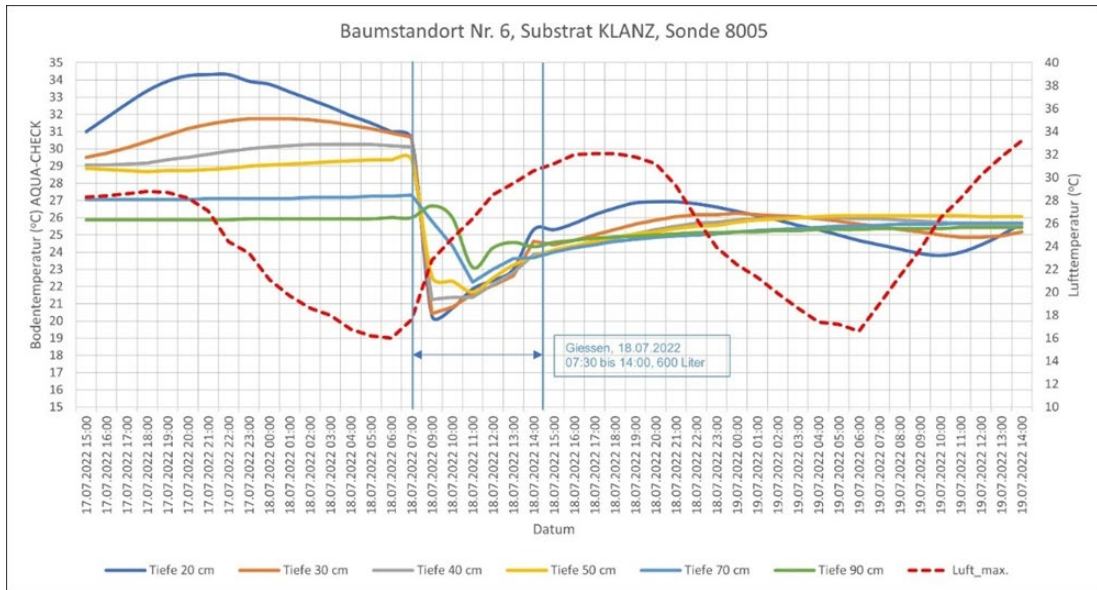
6.2. Niederschlag und Bodenwassergehalt



Grafik 1: Bodenwassergehalte in 20, 30, 40, 50, 70, 90 cm Tiefe, Giessen mit 300 Liter pro Baum vom 08.06.2022 und Regenmengen im Monat Juni 2022

Grafik 1 zeigt die Messergebnisse des Monats Juni 2022. Andauernde Trockenheit und hohe Lufttemperaturen im Vormonat bewirkten ein stetiges Absinken der Wassergehalte in allen Bodenschichten in den nicht mehr pflanzenverfügbaren Bereich. Wie auf der Grafik vermerkt, wurden die Bäume am 8. Juni 2022 mit je 300 Liter Wasser gegossen. Die Wassergehalte sind in der Folge innerhalb kurzer Zeit in allen Bodenschichten in den pflanzenverfügbaren Bereich angestiegen. Die markante Abnahme der Wassergehalte kurze Zeit nach dem Giessen kann damit begründet werden, dass eine seitliche Verteilung des Giesswassers in den Baumpflanzgruben stattgefunden hat. Ferner ist daraus zu schliessen, dass mit einer Giesswassermenge von 300 Liter die max. Wasserstättigung bei weitem nicht erreicht wird. Bei anhaltender Trockenheit und hohen Lufttemperaturen entwässerten sich alle Bodenschichten in der Folge innert weniger Tage wieder in den nicht mehr pflanzenverfügbaren Bereich. Erst beim Einsetzen von Regenfällen im letzten Monatsdrittel erhöhten sich die Bodenwassergehalte leicht.

6.3. Luft- und Bodentemperatur



Grafik 2: Boden- und Lufttemperaturen, Giessen mit 600 Liter pro Baum vom 18. Juli 2022

Grafik 2 zeigt die Messergebnisse vom 17. bis 19. Juli 2022. In dieser Zeitspanne wurden die Bäume mit je 600 Liter gegossen. Auf der Grafik ist der Verlauf der Lufttemperatur und der Bodentemperaturen dargestellt.

Bei sommerlichen Lufttemperaturen um 30 oC und tiefen Bodenwassergehalten können die Bodentemperaturen in der Bodenschicht 0 bis 30 cm und den nicht begrünter Baumscheiben bis über 34 oC ansteigen. Messungen zeigen, dass bei begrünter Baumscheiben die Bodentemperaturen um bis zu 5 oC tiefer liegen. Ebenfalls deutlich tiefere Bodentemperaturen resultieren bei optimaler Bodenfeuchtigkeit durch erhöhte Evapotranspiration bzw. Verdunstungskühle und Verschattungseffekte.

6.4. Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur



Abb. 4 und 5: Giessen, 8. Juni 2022

Im Verlauf der Versuchszeit von rund 2 Jahren konnten Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur bei allen Baumstandorten und in allen Bodenschichten, in Abhängigkeit des Witterungsverlaufs, in Echtzeit laufend beobachtet werden. Andauernde Trockenheit und hohe Lufttemperaturen in den Monaten Mai, Juni und Juli 2022 entwässerten den

Boden hauptsächlich durch Verdunstung. Insbesondere in den obersten Bodenschichten sind die Bodenwassergehalte bei beiden Baumsubstraten unter die Grenzen der Pflanzenverfügbarkeit gesunken, so dass eine Bewässerung erforderlich wurde.

Folgende Giesswassermengen wurden verabreicht:

- 4. Mai 2021: 200 Liter / Baum
- 8. Juni 2022: 300 Liter / Baum
- 18. Juli 2022: 600 Liter / Baum
- 8. August 2022: 600 Liter / Baum

Bei einem Baumpflanzgrubenvolumen von 8.4 m³ und dem hohen Wasserspeichervermögen beider Baumsubstrate konnten die verabreichten Giesswassermengen, selbst bei 600 Liter / Baum, vollständig gespeichert werden, ohne dass Sickerwasser entstand. Die Versickerung des Giesswassers innerhalb von 30 bis 40 Minuten lässt auf einen optimalen Wasser-Luft-Haushalt beider Baumsubstrate schliessen. Zur Minderung von Stresssituationen während heissen und regenarmen Perioden erweisen sich möglichst grosse Baumpflanzgrubenvolumen und Baumsubstrate mit hohen Wasserspeichervermögen als vorteilhaft.

6.5. Zustand der Versuchsbäume

Nach einer Vegetationszeit von 20 Monaten kann der Zustand der Bäume, mit Ausnahme der Edelkastanie und der Zerreiche im Baumsubstrat Nr. 2, als gesund und wüchsig beurteilt werden. Eine mögliche Ursache für die rückständige Entwicklung der Edelkastanie ist eine Gefässkrankheit, die zum Absterben der Krone führte. Der Baum wurde am 3. Mai 2022 ersetzt. Die Zerreiche wurde schon kurz nach der Pflanzung mit dem Eichensplintkäfer befallen. Der Befall war gering, hat aber Auswirkung auf die Vitalität, die stark reduziert ist.

6.6. Bewurzelung der Baumsubstrate

Erste Sondierungen in den Baumpflanzgruben zur Bestimmung der räumlichen Entwicklung der Wurzeln und des quantitativen Grob- und Feinwurzelanteils sind nach einer Vegetationszeit von ca. zwei Jahren vorgesehen. Eine erste Wurzelsondage ist im Herbst 2022 vorgesehen.

6.7. Messtechnik

Die eingesetzte Messtechnik für die Ermittlung von Wetterdaten, der Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur in Bodenschichten von 0 bis 90 cm hat sich bewährt. Die wartungsfreien Sensoren und die drahtlose Datenübermittlung ermöglichen die laufende Überwachung der Baumstandorte in Echtzeit. Von besonders praktischem Nutzen sind die Messwerte über Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur. Sie bilden die Grundlage für die Festlegung des Giesszeitpunktes und der erforderlichen Giesswassermenge.

7 Zwischenfazit

7.1. Vegetationszeit

3. Dezember 2020 bis 11. November 2022 (2 Jahre)

7.2. Baumstandorte

Die Sickerfähigkeit des Bodens auf der Schützenmatte ist mehrheitlich gering bis sehr gering. Um Staunässen im Bereich der Baumpflanzgruben zu vermeiden, erweist sich die Bettung der Baumsubstrate mit einer 40 cm starken Kiessandschicht 0/32 mm als zweckmässig. Sie dient als Stauraum für anfallendes Sickerwasser bei Starkniederschlägen. Wie Piezometermessungen zeigen, sind während der ganzen Vegetationszeit keine Staunässen im Bereich der eingebauten Baumsubstrate aufgetreten. In der Kiesschicht gespeichertes Wasser kann kapillar in die Baumsubstrate aufsteigen und von den Bäumen aufgenommen werden. Aufgrund der schlechten Sickerfähigkeit des Baugrundes, ist die Schützenmatte für Baumpflanzungen als bedingt geeignet einzustufen. Ähnliche Standortbedingungen bestehen sehr häufig im Stadtraum.

7.3. Baumsubstrate

Beide im Versuch eingesetzten Baumsubstrate erfüllen bezüglich Zusammensetzung und Eigenschaften mehrheitlich die Anforderungen der FLL-Richtlinie «Empfehlungen für Baumpflanzungen». Damit besonders Stadtbäume immer häufiger auftretenden Trocken- und Hitzeperioden widerstehen können, wurde bei der Zusammensetzung besonders darauf geachtet, dass beide Substrate eine möglichst grosse Wasserkapazität bei genügender Luftkapazität aufweisen. Die im Versuch eingesetzten Baumsubstrate unterscheiden sich in der stofflichen Zusammensetzung deutlich, aber nur unwesentlich bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften.

Substrat Stadtgrün Bern

Das Substrat von Stadtgrün Bern wird in der Schweiz hergestellt und setzt sich hauptsächlich aus kristallinem Gestein 0/32 mm, sandigem Lehmboden 0/16 mm und wenig Bims 3/6 mm zusammen. Das kristalline Gestein bewirkt eine erwünschte Bodenreaktion im schwach sauren bis neutralen Bereich. Der Schlämmkornanteil (Kornfraktion $\phi \leq 0.063$ mm) beträgt ca. 20 Masse-% und ist für eine angestrebte Wasserkapazität grösser als 25 Vol.-% ausschlaggebend. Die Fabrikation des Substrates in der Schweiz mit regionalen Ausgangsstoffen kann als ökologisch sinnvoll eingestuft werden.

Substrat Import Deutschland

Das zweite im Versuch eingesetzte Substrat wird in Deutschland hergestellt und setzt sich im Wesentlichen aus lösshaltigem Oberboden 0/16 mm, Lavakies 16/32 mm, Bimssand 0/4 mm und Zeolith 2.5/5 mm zusammen. Der Schlämmkornanteil (Kornfraktion $\phi \leq 0.063$ mm) beträgt ca. 20 Masse-% und ist für eine angestrebte Wasserkapazität grösser als 25 Vol.-% ausschlaggebend. Das importierte Produkt enthält teurere Ausgangsstoffe wie Lava, Bims und Zeolithe mit einer beschränkten Verfügbarkeit. Der Transportweg schlägt sich in einer weniger günstigen Ökobilanz nieder.

7.4. Bodenfeuchtigkeit / Bodentemperaturen

Über eine längere Zeitdauer anhaltende Lufttemperaturen über 30 °C, wie dies von Juni bis August immer wieder der Fall war, verursachen im Tagesverlauf einen Anstieg der Bodentemperaturen über 30 °C, bis auf eine Bodentiefe von 30 bis 40 cm. Während den Nachtstunden ist eine deutliche Abkühlung der Substrate um einige °C messbar. Die im Versuch eingesetzten Baumsubstrate sind mineralischen Ursprungs und weisen eine gute Wärmeleitfähigkeit auf. Je tiefer der Bodenwassergehalt umso intensiver und rascher verläuft die Aufwärmung des Bodens.

Vorgeschlagene Massnahmen zur Vermeidung hoher Bodentemperaturen:

- Begrünung der Baumscheiben: Messungen zeigen, dass die Vegetation den Boden beschattet und gegenüber unbegrüntem Baumscheiben die Bodentemperaturen bis zu 5 °C tiefer liegen.
- Boden stets feucht halten: Bewirkt eine erhöhte Evapotranspiration bzw. Verdunstungskühle und Beschattungseffekte durch die Vegetation. Bei hohen Luft- und Bodentemperaturen bewirkt das Giessen eine sofortige Abnahme der Bodentemperaturen um bis zu 10 °C.

Das Giessen mit 300 bis 600 Liter / Baum bewirkt bei beiden Baumsubstraten innerhalb eines Tages die Befeuchtung aller Bodenschichten bis auf eine Tiefe von mind. 90 cm. Beide Substrate sind somit als sickerfähig einzustufen und verfügen über einen normalen Wasser-Luft-Haushalt. Schädliche Bodenverdichtungen, die eine Versickerung von Regenwasser beeinträchtigen oder sogar verhindern, sind bei allen Baumstandorten nicht vorhanden. Die Niederschlagsdefizite in den Monaten Mai bis August 2022 und die gleichzeitig hohen Lufttemperaturen waren für das Austrocknen der Baumsubstrate verantwortlich. Die Bodenwassergehalte sind in dieser Zeitspanne mehrmals in den kritischen Bereich des Permanenten Welkepunktes (PWP) abgesunken. In diesem Zustand steht den Bäumen kein Wasser mehr zur Verfügung. Damit das Wachstum der Bäume nicht beeinträchtigt wird, mussten die Baumstandorte zwischen Mai bis August 2022 dreimal mit insgesamt 1'500 Litern pro Baum bewässert werden. Im Zuge des Klimawandels, verbunden mit geringeren Niederschlagsmengen und dem Auftreten von Hitzeperioden, ist das Anlegen möglichst voluminöser Baumpflanzgruben und die Verwendung von Baumsubstraten mit einem möglichst hohen Wasserspeichervermögen angezeigt. Zur Überbrückung ausserordentlicher Wettersituationen können Baumpflanzungen nach dem «Schwammstadt»-Prinzip ergänzt mit zusätzlichen Retentionsvolumen für Wasser zielführend sein.

7.5. Entwicklung der Bäume

Nach einer Vegetationszeit von rund zwei Jahren können die Bäume in beiden Substraten mehrheitlich als gesund und wüchsig beurteilt werden. Wie erste Ergebnisse von Sondagen zeigen, sind die Wurzeln gesund, kräftig und bereits mehrere Dezimeter tief in die Baumsubstrate vorgedrungen. Die fortgeschrittene Wurzelbildung in der Anwuchsphase lässt auf eine bedarfsgerechte Baumpflege und intakte Bodeneigenschaften schliessen. In beiden Baumsubstraten entwickeln sich die Bäume aktuell ohne sichtbare Unterschiede. Mögliche Unterschiede in der Qualität der Baumsubstrate, welche sich auf das Wachstum der Bäume auswirken können, sind erst nach einer Vegetationszeit von weiteren drei bis fünf Jahren zu erwarten.

11. November 2022 eha + GF / PKu