



**Standortangepasste Bewässerung
öffentlicher Grünflächen
als Beitrag zur Klimamäßigung
im urbanen Lebensraum**

Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben KL/08/03

Projektlaufzeit:
01.05.2008 - 31.12.2011

**Endbericht zum
Forschungsvorhaben KL/08/03**

Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im urbanen Lebensraum

Berichtszeitraum 01.05.2008 – 31.12.2011

**Projektlaufzeit
01.05.2008 - 31.12.2011**

Projektleiter: LLD Jürgen Eppel

Projektbearbeiter: LOR Nikolai Kendzia
GM Johannes Öchsner
GM Doris Marsch
Dipl. Ing. (FH) M.A. Andreas Thon

Veitshöchheim, 01. Mai 2012

Zuwendungsempfänger

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
Tel. 09 31/9801-(0), Fax 0931 / 9801-100
E-Mail: poststelle@lwg.bayern.de

Inhalt

1. Zusammenfassung.....	4
2. Einleitung.....	5
3. Versuchshintergrund	6
4. Zielsetzung.....	7
5. Material und Methoden	8
5.1 <i>Versuchsflächen.....</i>	8
5.2 <i>Beschreibung der Standortverhältnisse an der LWG</i>	10
5.3 <i>Bodenuntersuchung.....</i>	10
5.4 <i>Wasserbereitstellung und -qualität</i>	12
5.5 <i>Installationen</i>	12
5.5.1 Steuerungen	12
5.5.2 Bewässerungsverfahren	14
5.5.3 Sensortechnik.....	15
5.5.4 Grundeinstellung der Bewässerungsgabe.....	17
6. Versuchsprogramm.....	19
6.1 <i>Wasserverbrauch und visueller Eindruck der Bepflanzung</i>	19
6.2 <i>Recherche zu Bewässerungsmodellen</i>	19
6.3 <i>Messungen zur Gleichförmigkeit der Wasserausbringung</i>	20
6.4 <i>Dokumentation des Betriebs der Bewässerungsanlagen.....</i>	22
6.5 <i>Betreuung des Bewässerungsprojektes in Bad Brückenau</i>	22
7. Ergebnisse	23
7.1 <i>Wasserverbrauch und Bonitur des visuellen Eindrucks.....</i>	23
7.1.1 <i>Wasserverbrauch und Visueller Eindruck im Bewässerungsversuch</i>	23
7.1.2 <i>Steuerung mit Evapotranspirationswerten</i>	25
7.2 <i>Recherche zu Bewässerungsmodellen und Überprüfung der Übertragbarkeit für Landschaftsbau und Grünflächenpflege in den Kommunen</i>	26
7.2.1 <i>Bewässerungssteuerung aufgrund der klimatischen Wasserbilanz</i>	26
7.2.2 <i>Errechnung der Wasserbilanzen</i>	27
7.2.3 <i>Anwendung der Geisenheimer Bewässerungssteuerung im Garten- und Landschaftsbau</i>	28
7.2.4 <i>Fazit zur Anwendbarkeit der Geisenheimer Steuerung</i>	30
7.3 <i>Ergebnisse der Durchführung von Messungen zur Gleichförmigkeit der Wasserausbringung</i>	31
7.3.1 <i>Wasserverteilung auf den Versuchsflächen der LWG</i>	31
7.3.2 <i>Wasserverteilung im Kurpark Bad Brückenau.....</i>	33
7.4 <i>Dokumentation des Betriebs der Bewässerungsanlagen.....</i>	34
7.4.1 <i>Störungen auf den Versuchspartellen an der LWG</i>	34
7.4.2 <i>Wasserbereitstellung</i>	37
7.4.3 <i>Störungen, die den Produkten der Hersteller geschuldet sind</i>	38
7.4.4 <i>Störungen, die dem Einbau, Betrieb und der Instandhaltung geschuldet sind.....</i>	39
7.4.5 <i>Arbeitszeit</i>	42
7.5 <i>Bayerisches Staatsbad Bad Brückenau</i>	43

8. Handlungsempfehlungen für die Praxis.....	47
8.1 <i>Besondere Anforderungen im öffentlichen Grün</i>	48
8.2 <i>Planung.....</i>	48
8.3 <i>Grundlagenermittlung und Planungsgrundsätze.....</i>	48
8.4 <i>Einbau.....</i>	49
8.5 <i>Abnahme.....</i>	49
8.6 <i>Instandhaltung.....</i>	49
9. Ausblick	50
10. Literatur.....	52
11. Anhang.....	54

1. Zusammenfassung

Öffentliches Grün, das optimal mit Wasser versorgt ist, kann seine klimamäßigende Aufgabe im urbanen Bereich in hervorragender Weise erfüllen. Je besser die Wasserversorgung einer Grünfläche ist, desto effektiver beeinflusst sie das Kleinklima. Zudem wird der Werterhalt und die Funktionsfähigkeit der Pflanzung gesichert und der Pflegebedarf des vitalen und durchsetzungsstarken Grüns reduziert. Die bayerischen Städte und Gemeinden stehen angesichts des Klimawandels mit zunehmenden Trockenperioden vor der Herausforderung die Ressourcen, Arbeit und Wirtschaft bei der Bewässerung von Grünflächen anzupassen.

Das Interesse an automatischen Bewässerungen für Vegetationsflächen ist sowohl im privaten und gewerblichen Bereich, als auch seitens der Kommunen groß, versprechen sie doch Arbeitersparnis, Wassereinsparpotential und vitales Grün. Das Fachwissen der Abteilung Landespflege der LWG wurde darum in den letzten Jahren durch das Fernsehen, die Presse, aber auch durch staatliche Einrichtungen, Betriebe des Garten- und Landschaftsbaus bis hin zu den Freizeitgärtnern stark nachgefragt (siehe Anhang).

Die Untersuchungen an der LWG zeigen, dass automatische Bewässerungsanlagen zuverlässig funktionieren können, wenn sie sorgfältig geplant, installiert und instandgehalten werden. Im Regelwerksausschuss der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsplanung e.V. (FLL) konnten die Erfahrungen aus dem langjährigen Betrieb unterschiedlicher Anlagen in der Liegenschaft der LWG eingebracht werden. Daraus entstanden sind die „Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen“ (Herausgeber: FLL, 2010).

Werden Bewässerungsanlagen von einem Fachplaner geplant und von Fachkräften sorgfältig installiert, so funktionieren die Anlagen zuverlässig. Probleme hinsichtlich Produktqualität, Verschleiß und Störungen wurden im Rahmen des Projektes KL/08/03 dokumentiert und helfen Defekte zu vermeiden.

Für die Bewässerung öffentlicher Grünflächen bieten sich zentral gesteuerte Bewässerungsanlagen an, welche die witterungsabhängige Wassergabe effizient ausbringen. Die aus dem Forschungsprojekt abgeleiteten „Handlungsempfehlungen für die Praxis“ berücksichtigen die besonderen Erfordernisse der Vegetationsflächen in den bayerischen Städten und Kommunen.

Hohe Anforderungen werden an die Technik und den Nutzer automatischer Bewässerungsanlagen gestellt, wenn die wertvolle Ressource Wasser sparsam genutzt werden soll. Die auf dem Markt erhältlichen Produkte reizen die technischen Möglichkeiten derzeit noch nicht aus. Die städtischen und kommunalen Gärtner müssen weiterhin die Standortfaktoren Klima und Boden sowie die Pflanze berücksichtigen, um die Steuerung der Bewässerungsanlagen optimal zu programmieren. Die Untersuchung stellt hierfür gängige Methoden und deren Einsatz in der Praxis vor.

2. Einleitung

Öffentliches Grün gewinnt im städtischen Umfeld angesichts des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Je besser die Wasserversorgung einer Grünfläche ist, desto effektiver ist die Wohlfahrtswirkung für das Kleinklima: Durch ihre Verdunstung sinkt die Temperatur im Umfeld, die Sauerstoffproduktion ist erhöht und die Pflanzung selbst ist weniger anfällig für Krankheiten und Schädlinge. Dies wirkt sich auch auf den Pflegebedarf und die Erhaltung der Stadtbäume und Vegetationsflächen aus.

Der sparsame Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser ist bei der Bewässerung öffentlicher Grünflächen verpflichtend (WHG § 5, Abs. 1). In unseren Breitengraden wird eine Zusatzbewässerung in zunehmend trockenen Sommern an Extremstandorten wie im Straßenbegleitgrün und in Parks notwendig.

Ziel muss es sein, den Pflanzungen eine überlebensfähige Bewässerung zu garantieren und dabei Wasser einzusparen gegenüber der herkömmlichen Bewässerung mit Gießwägen, Stativ- und Viereckregnern sowie dem Schlauch.

In Zusammenhang mit dem Klimawandel steht eine Häufung extremer Witterungsbedingungen. Inzwischen prognostizieren globale Klimamodelle eine Erderwärmung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 2 – 5 °C und eine Zunahme von Hitzewellen, Dürrezeiten, Hochwasser und Starkniederschlägen. Neben höheren Niederschlägen im Winter werden die Sommermonate dagegen trockener. Längere Trockenperioden, die in den letzten Jahren vor allem zu Beginn der Vegetationszeit im Frühjahr auftraten, führen zu einem erheblichen Trockenstress bei den Pflanzen. Für die Städte und Kommunen bedeutet dies einerseits, dass trockenheitstolerante Pflanzen verwendet werden¹, andererseits die vorhandene Pflanzungen, wie zum Beispiel repräsentative Beetpflanzungen, Wechselgrün und Rasenflächen, zusätzlich bewässert werden müssen.

Die Arbeitszeit und der Arbeitsaufwand für eine Bewässerung per Hand oder mittels Gieß- oder Tankwagen sind hoch. Für die Notbewässerung der städtischen Grünflächen fallen beim Stadtgartenamt Würzburg mehr als 3000 Arbeitsstunden pro Jahr an. Angesichts dieser finanziellen und personellen Herausforderung rufen einige Gemeinden die Anwohner auf, die öffentlichen Grünflächen vor ihrem Haus selbst zu gießen. Automatische Bewässerungsanlagen sind eine technische Lösung, mit deren Hilfe die Vegetation weniger arbeits- und zeitintensiv ist, dafür optimal mit Wasser versorgt werden kann. Die Umstellung auf diese Bewässerungssysteme setzt aber eine sorgfältige Planung, Einbau und Instandhaltung voraus.

Im Forschungsprojekt „Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im urbanen Lebensraum“ wurden in den Jahren 2008 bis 2011 die Erfahrungen mit automatischen Bewässerungsanlagen an der LWG aber auch in Städten, Gemeinden und dem Bayerischen Staatsbad Bad Brückenau dokumentiert. Daraus ist mit diesem Endbericht eine Handlungsempfehlung für Städte und Gemeinden entwickelt worden, welche eine Entscheidung für oder gegen die selbsttätige Bewässerung erleichtern soll sowie Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von automatischen Bewässerungsanlagen enthält.

¹ Projekt Stadtgrün 2021 – Selektion, Anzucht und Verwendung von Gehölzen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen; LWG; Klimaprojekt des STMELF.

3. Versuchshintergrund

Ziel des Forschungsprojektes ist die optimale und zugleich wassersparende Bewässerung von unterschiedlichen Vegetationsflächen im öffentlichen Grün mit Hilfe automatischer Bewässerungssysteme.

Aus Gesprächen mit den Gartenämtern in München, Forchheim, Würzburg und Aschaffenburg ergaben sich folgende Vorbehalte gegenüber der Automatisierung der Bewässerung:

- zu hohe Investitionskosten für Wasserbereitstellung, Planung und Einbau
- anfällig für Vandalismus, daher hohe Instandhaltungskosten
- nicht ausgereifte Technik, die störungsanfällig ist; zum Teil negative Erfahrungen bei einzelnen Anlagen vorhanden
- Trockenschäden sind tolerierbar, nur Notfallbewässerung in sehr trockenen Jahren nötig
- zu wenig geschultes Fachpersonal für die Betreuung der Anlagen vorhanden

Dem gegenüber stehen sehr positive Erfahrungen mit der Bewässerung der Grünflächen auf dem Gelände der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) und des Garten- und Friedhofsamtes der Stadt Aschaffenburg mit der zentralgesteuerten Bewässerung der Sportplätze.

Der Markt für Beregnungsanlagen ist immer noch im Wachstum begriffen^{2,3}. Die stetige Innovation bei den Produkten wird durch die Hersteller angepriesen. Die Gartenämter, Bauhöfe, Industrie und Gewerbe sowie der Garten- und Landschaftsbau erwarten herstellerneutrale Informationen aus Langzeitbeobachtungen zum Einbau und Betrieb von automatischen Bewässerungsanlagen.

Deshalb soll neben dem Potential der Arbeits- und Wasserersparnis vor allem die Praxistauglichkeit nachgewiesen werden durch:

- Arbeitszeitstudien
- Untersuchung der Steuerungs- und Sensortechnik
- Ermittlung der Wasserverteilung und bedarfsgerechten Wassermenge
- Bedienungsfreundlichkeit
- Robustheit
- Bewässerungserfolg, d.h. Vitalität der Pflanzen

² Georg von Koppen (2006): „Wie werde ich Beregnungsprofi?“. Vortrag auf der GaLaBau-Messe in Nürnberg

³ Michael Schraeder (2012): Beregnungsanlagen: Der Markt läuft gut. TASPO GaLaBauReport 14/2012, S. 7.

4. Zielsetzung

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, eine robuste und effiziente Steuer- und Regelungstechnik für automatische Bewässerungen anwendungsbezogen zu entwickeln, welche den Pflanzenstandort unter besonderer Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und den Wasserbedarf der Pflanzen berücksichtigt.

Bereits bestehende Modelle aus der Landwirtschaft sollen dahingehend überprüft werden, ob sie für gärtnerische Kulturen und Pflanzengemeinschaften angepasst und angewendet werden können, wie z. B. in das „Geisenheimer Modell“.

Ziel ist das Erstellen einer Handlungsanweisung für die Praxis, anhand derer die öffentliche Hand auf dem Markt vorhandenen Steuerungssysteme an die konkrete Bewässerungssituation anpasst und damit nachweislich zur Wasserersparnis beiträgt. Anwendungsgebiet sind unterschiedliche Vegetationstypen und Pflegekategorien öffentlicher Grünflächen: intensiv zu pflegende Schaupflanzungen, Wechselbepflanzungen, Straßenbegleitgrün (Alleen, Straßenbäume mit Unterpflanzung), Kübelpflanzen, Bodendecker und Staudenflächen (z. B. Silbersommer).

5. Material und Methoden

5.1 Versuchsflächen

Für das Forschungsvorhaben wurden die an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) vorhandenen Grünflächen im Jahr 2008 zunächst erfasst, bewertet und Entwicklungsziele definiert (siehe Abb.1). Hierzu wurde auf den neuen Objektartenkatalog Freianlagen (OK Frei) der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V. zurückgegriffen. Die Pflanzenauswahl auf allen Versuchsflächen ist an den jeweiligen Standort angepasst. Eine Ausnahme bilden die Pflanzflächen des Bewässerungsversuchs aus dem Jahre 2005 (Parzellen Nr. 7-16), bei denen bewusst ein Pflanzenspektrum von feuchtigkeits- bis trockenheitsliebend ausgeschöpft wurde.

Eine Bewässerung könnte bei regelmäßigen und dem Jahresdurchschnitt entsprechenden natürlichen Niederschlägen unterbleiben. Zunehmend häufige Trockenphasen (z. B. April 2008, April 2009, April 2011) machen aber eine Zusatzbewässerung notwendig.



Abbildung 1: Lage und Nummerierung der Versuchspartellen auf dem Gelände der LWG

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchspartellen am Standort der LWG

Parzellen Nummer	Lage	Bezeichnung	Flächentyp	Flächeninhalte	Größe [m²]	Bewässerung			Sensoren			Anmerkung	
						Fabrikat	Kreise	Steuerung	Regen	Boden	Vetterdaten		Bewässerungsverfahren
500 Objekttyp: Außenanlagen													
570 Flächenarten: Pflanz- und Saatkflächen													
1	Landespflege	Heidegarten	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	400,00	Rainbird	5 WP 6		*			Optimal	Wasseruhr (neu)
2	Landespflege	Zedernhain	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	1000,00	Rainbird	8 Dialog-8, GSM		*			Optimal	Wasseruhr (work)
3	Landespflege	Zedernhain 1	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	8 Dialog-8, GSM		*			Optimal	Wasseruhr (work)
4	Landespflege	Zedernhain 2	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	8 Dialog-8, GSM		*			Optimal	Wasseruhr (work)
5	Landespflege	Zedernhain 3	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	8 Dialog-8, GSM		*			Optimal	Wasseruhr (work)
6	Landespflege	Zedernhain 4	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	400,00	Rainbird	2 WP 2		*			Optimal	Wasseruhr nicht möglich
7	Landespflege	Japangarten	Stauden	Bäume, Sträucher, Stauden	38,00	Manuell	2 Manuell					Optimal	Wasseruhr (work)
8	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 1	Rasen	Gebrauchsrassen, Hainbuche	38,00	Manuell	2 Manuell					Optimal	Wasseruhr (work)
9	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 2	Stauden	Stauden, Aconite	38,00	Toro	2 DDC-4		*			Optimal	Wasseruhr (work)
10	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 3	Rasen	Gebrauchsrassen, Hainbuche	38,00	Toro	2 DDC-4		*			Optimal	Wasseruhr (work)
11	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 3	Stauden	Stauden, Aconite	38,00	Hunter	2 SVC-400		*			Optimal	Wasseruhr (work)
12	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 3	Rasen	Gebrauchsrassen, Hainbuche	38,00	Hunter	2 SVC-400		*			Optimal	Wasseruhr (work)
13	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 4	Stauden	Stauden, Aconite	38,00	Hunter	2 WP 2		*			Optimal	Wasseruhr (work)
14	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 4	Rasen	Gebrauchsrassen, Hainbuche	38,00	Rainbird	2 WP 2		*			Optimal	Wasseruhr (work)
15	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 5	Stauden	Stauden, Aconite	38,00	Gardena	2 Steuerung 4040		*			Optimal	Wasseruhr (work)
16	Landespflege	Bw. Versuch Parzelle 5	Rasen	Gebrauchsrassen, Hainbuche	38,00	Gardena	2 Steuerung 4040		*			Optimal	Wasseruhr (work)
17	Landespflege	Zeder "Main"	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	185,00	Rainbird	2 WP 2					Optimal	Wasseruhr (neu)
18	Landespflege	Brunnenplatz	Pflanzen	Klebepflanzen	300,00	Gardena	2 Steuerung 1030					Optimal	Wasseruhr
19	Technikzentrum	Technik 1	Rasen	Bäume, Gebrauchsrassen	147,00	Hunter	9 ET-Steuerung		*			Optimal	Wasseruhr (work)
20	Technikzentrum	Technik 2	Rasen	Gebrauchsrassen	88,00	Hunter	9 ET-Steuerung		*			Optimal	Wasseruhr (work)
21	Technikzentrum	Technik 3	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	149,00	Hunter	9 ET-Steuerung		*			Optimal	Wasseruhr (work)
22	Technikzentrum	Technik 4	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	75,00	Hunter	9 ET-Steuerung		*			Optimal	Wasseruhr (work)
23	Technikzentrum	Technik 5	Rasen	Gebrauchsrassen	34,00	Hunter	9 ET-Steuerung		*			Optimal	Wasseruhr (work)
24	Wohnheim	Lindenwiese	Rasen	Gebrauchsrassen	260,00	Perrot	1 manuell, stationär					Optimal	Umbau geplant
25	Wohnheim	Rasen vor Schuleingang	Rasen	Gebrauchsrassen	14,00	Perrot	1 manuell, stationär					Optimal	Umbau geplant
26	Wohnheim	Rasenbäckenzähne	Rasen	Gebrauchsrassen	483,00	Perrot	1 manuell, stationär					Optimal	Umbau geplant
27	Schule	Vollgolfplatz	Rasen	Gebrauchsrassen	377,60	Toro	1 manuell, stationär					Optimal	Umbau geplant
28	FZ Bienen	Bienenhang	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	379	Rainbird	4 T-Bos (Funk)					Optimal	Wasseruhr (neu)
29	FZ Bienen	Bienenhang 1	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	4 T-Bos (Funk)					Optimal	Wasseruhr (neu)
30	FZ Bienen	Bienenhang 2	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	4 T-Bos (Funk)					Optimal	Wasseruhr (neu)
31	FZ Bienen	Bienenhang 3	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden		Rainbird	4 T-Bos (Funk)					Optimal	Wasseruhr (neu)
32	Schule	Rasen am Pavillon	Pflanzen und Ansaaten	Gebrauchsrassen	211,70	Rainbird	2 T-Bos (Funk)					Optimal	Wasseruhr (neu)
Aus der angelegten Beobachtung des Versuchs KL08/03 (L50_08) herausgenommen:													
Landespflege	Maluswiese	Rasen und Ansaaten	Pflanzen	Bäume, Rasen(waben), Stauden	670,00	Rainbird	7 WP 8		*			Optimal	Wasseruhr (neu)
Landespflege	Präriestauden	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	170,00	Rainbird	2 WP 2						Optimal	Wasseruhr (neu)
Landespflege	Beet "Eiche", Einschlag	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	116,00	Rainbird	4 WP 8						Optimal	Wasseruhr (neu)
Schule	Parkplatz Nord Schule	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	183,00	Ben-Jaakow, Rainbird	1 T-Bos (Funk)						Optimal	Wasseruhr nicht möglich
Schule	Beet "Lehrerzimmer"	Pflanzen	Sträucher, Stauden	131,80	Ben-Jaakow, Rainbird	1 T-Bos (Funk)						Optimal	Wasseruhr nicht möglich
Wohnheim	Aquarium, Block B	Rasen und Ansaaten	Gebrauchsrassen	213,00	Rainbird	1 manuell, stationär						Optimal	Umbau, Wasseruhr (neu)
Wohnheim	Corpius + Kletterpflanze	Pflanzen	Bäume, Stauden, Kletterpflanzen	55,90	Rainbird	2 T-Bos (Infrarot)						Optimal	Wasseruhr nicht möglich
Parkplatz	Parkplatz Vest	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	178,00	Rainbird	1 T-Bos (Infrarot)						Optimal	Wasseruhr (neu)
Parkplatz	Parkplatz Ost	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	151,00	Ben-Jaakow, Rainbird	1 T-Bos (Funk)						Optimal	Wasseruhr (neu)
FZ Bienen	Bienenhaus (Ost)	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	185,00	Rainbird	4 T-Bos (Funk)						Optimal	Wasseruhr (neu)
Schule	Bachlauf	Pflanzen	Bäume, Sträucher, Stauden	185,50	Ben-Jaakow, Rainbird	1 Esst Ram, JTY Kit						Optimal	Wasseruhr nicht möglich
Bewässerte Flächen im Versuch:					7132,60 m²								
davon vollautomatisch bewässert:					6008,90 m²								
davon halbautomatisch bewässert:					1447,60 m²								
davon manuell bewässert:					76,00 m²								
übrige Flächen manuell bewässert:					9926,00 m²								
LWG	übriges Gelände												
Pflanzen, Rasen													

Da alle Flächen Bestandteil der repräsentativen Außenanlagen sind, wurde als Ziel der Bewässerung eine optimale Versorgung mit Wasser vorgegeben. Dies soll auch die Durchsetzungskraft der geplanten Bepflanzung gegenüber Fremdaufwuchs stärken. Eine Überbewässerung würde feuchtigkeitsliebende Pflanzen bevorzugen und eine Notbewässerung würde Schäden (Welke) an den Pflanzen tolerieren. Für die Jahre 2009 bis 2011 wurden die Wartungszeiten für die automatischen Bewässerungsanlagen erfasst (Tab. 1).

Die eingebauten Bewässerungsanlagen stammen von unterschiedlichen Herstellern und wenden auf den Vegetationstyp abgestimmte Bewässerungsverfahren an. Die Steuerung erfolgt entweder über 220 V oder Batteriebetrieb. Die eingesetzte Sensortechnik reicht vom einfachen Regenmesser über Bodenfeuchtefühler bis zur Wetterstation. Bei der Planung der zum Teil über 10 Jahre alten Anlagen wurde auf Herstellerangaben und praktische Erfahrungen vertraut. Die einzelnen Versuchspartellen sind, bis auf vier Partellen des Bewässerungsversuches aus dem Jahre 2005, bezüglich Lage und Bepflanzung nicht miteinander vergleichbar.

5.2 Beschreibung der Standortverhältnisse an der LWG

Einige Standortparameter gelten für alle Versuchsfächen im gleichen Maße. Daher wird auf eine differenzierte Betrachtung der beeinflussenden Faktoren bei der Beschreibung der Versuchspartellen nicht näher eingegangen:

- Lage der Versuchsfäche: Südexponierter Hang, An der Steige 15, Veitshöchheim.
- Nicht geneigte bis mittel geneigte (Hangneigung ca. 9 Grad bzw. 16 %) Flächen.
- Klima-/Wettereinflüsse

Tabelle 2: Niederschlag und Temperatur am Versuchsstandort im langjährigen Mittel

Niederschlag langjähriges Mittel																	
NAME	Höhe ü NN	Breite	Länge	Bundesland	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
VEITSHOECHHEIM	187	49°50'	09°52'	Bayern	46,1	42,2	45,6	47,0	55,0	74,2	56,1	58,2	47,1	45,1	54,6	60,6	631,7
Temperatur langjähriges Mittel																	
WUERZBURG (KLAERWERK)	170	49°47'	09°53'	Bayern	0,2	1,4	5,0	9,0	13,6	16,9	18,6	18,0	14,5	9,6	4,6	1,5	9,4

5.3 Bodenuntersuchung

Repräsentativ für die Versuchsfächen werden hier zwei Bodenuntersuchungen herausgegriffen (Abb. 2, Abb. 3). Die Partellen mit der Nummer 7 bis 16 liegen als "Versuchspartellen des Bewässerungsversuches" auf dem Gelände der Abteilung Landespflege. Die Partelle 27 "Volleyballfeld" ist auf dem Hauptgelände der LWG unterhalb des Wohnheims zu finden.

Die vorherrschende Bodenart sind schluffige Sande.

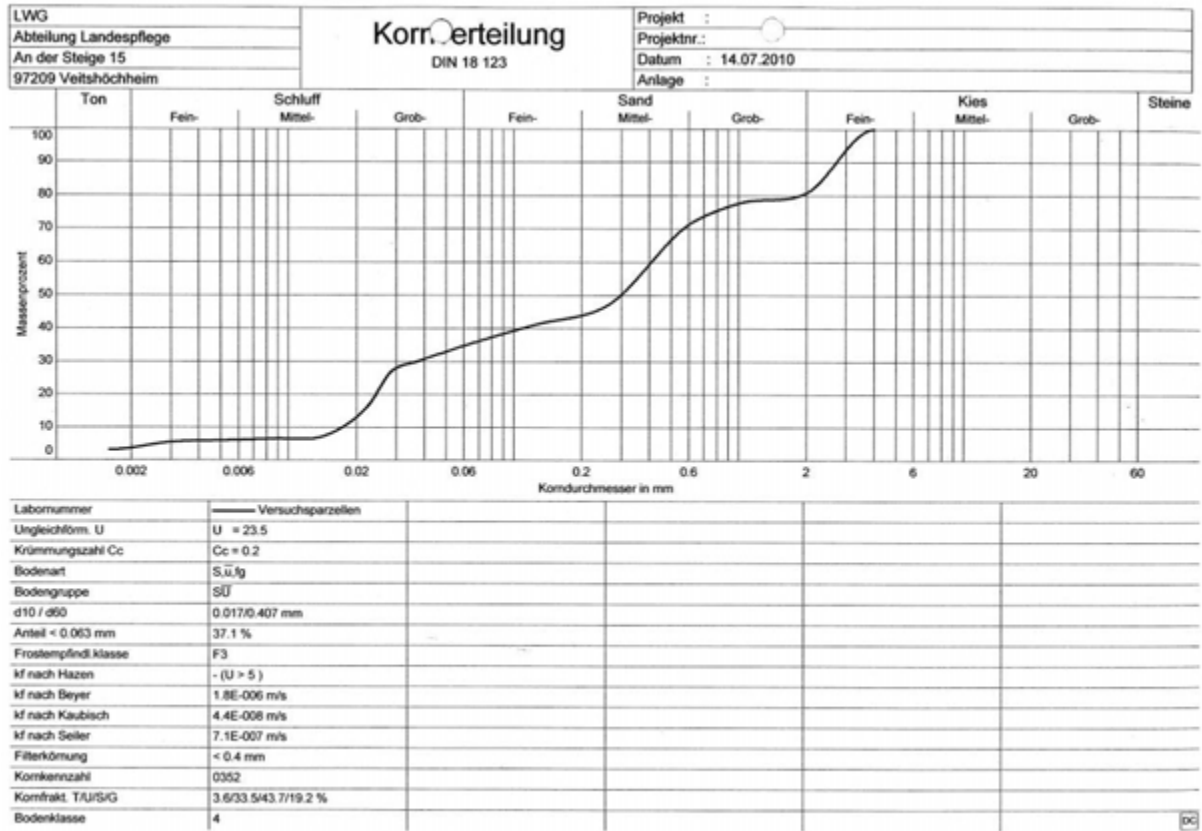


Abbildung 2: Kornverteilung nach DIN 18123 der Versuchspartellen 7-16 “Bewässerungsversuch”

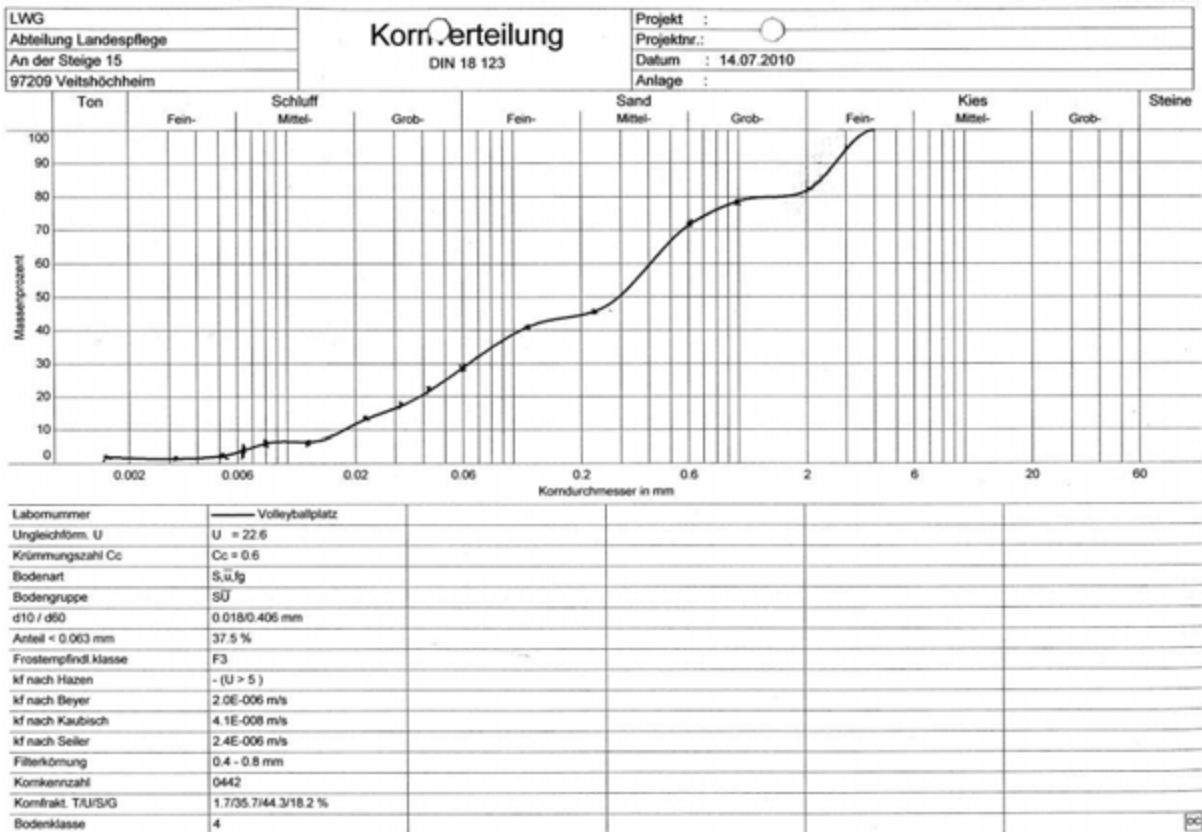


Abbildung 3: Kornverteilung nach DIN 18123 der Versuchspartelle 27 “Volleyballfeld”

5.4 Wasserbereitstellung und -qualität

Das ausgesprochen kalkhaltige Wasser mit 26 Grad deutscher Härte wird aus dem Mainfiltrat über einen Vorfilter (250 Micron, 0,25 mm Maschenweite) an der Pumpe in einen Hochbehälter gepumpt. Von dort aus erreicht das Zisternenwasser im freien Auslauf mit einem statischen Druck von 5,5 bis 7,5 bar und ca. 100 l/Min. die einzelnen Versuchspartellen. Im Winter wird die Wasserversorgung zentral abgestellt. Im Bereich der Abteilung Landespflege ist vor dem Abzweig in die Sommerleitungen zu den Parzellen ein rückspülbarer Filter mit 100 Micron eingebaut.

Tabelle 3: Laboranalyse des Mainwassers aus der Zisterne der LWG

Untersuchungsergebnisse, Wasser													
Auftraggeber:	LWG		Versuchsnummer:	0		Veitshöchheim, den		08.11.07					
Abtlg./Sachgebiet:	L		Versuchsort:	Hochbeh./Zisterne									
Ansprechpartner:	Nikolai Kendzia		Anzahl der Proben:	1		Probenahme am							
Straße, Haus-Nr.:	An der Steige 15												
PLZ, Ort:	97209 Veitshöchheim						Probeneingang am		06.11.07				
Analysennummer (W)	Bezeichnung	Gesamthärte	K	Fe	PO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Perm-Index	pH-Wert	Färb.		
		°dH	mg/l						mg O ₂ /l		m ⁻¹		
1220	Hochbehälter, Zisterne	26	0,00	0,01	0	0,00		0,00		7,2			

5.5 Installationen

5.5.1 Steuerungen

Das Forschungsvorhaben erforderte eine Nachrüstung bzw. Neuinstallation von Bewässerungsanlagen, um Aussagen über die unterschiedliche Handhabung, Anfälligkeit und den Bewässerungserfolg anstellen zu können. In bereits vorhandene Anlagen wurden deshalb Wasseruhren eingebaut. Einige Anlagen konnten aus arbeitswirtschaftlichen Gründen erst 2009 nachgerüstet werden.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen wurde deutlich, dass Publikumsverkehr, Pflegegänge und die Auswahl der Anlagensteuerung die Funktion von automatischen Bewässerungsanlagen entscheidend beeinflussen. Bei der Neuplanung für die Versuchspartellen dieses Forschungsvorhabens wurde deshalb Wert auf Robustheit gegenüber Vandalismus, Reparaturfreundlichkeit bei ungewollten Beschädigungen z. B. bei der Wildkrautentfernung und Arbeitersparnis bei der Programmierung geachtet.

Im Zedernhain der Abt. Landespflege wurde eine neue Anlage installiert, deren acht Bewässerungskreise über ein Dialog+8 Steuergerät geregelt werden. Über das Programm TBOS SIM der Firma Rainbird wird von einem PC entweder eine Feldbedienungseinheit programmiert, oder das Dialog+8 Gerät direkt über GSM-Mobilfunk monatlich neu eingestellt. Grundlage dafür sind die in einer sogenannten pET-Datenbank hinterlegten Evapotranspirationswerte (monatliche Mittelwerte in mm). Der Wasserverbrauch kann direkt vom Computer aus abgefragt werden. Die künftige Arbeitszeit- und Kostenersparnis muss zunächst mit einem Investitionsvolumen von zusätzlich ca. 5000 € Listenpreis (Steuergerät, GSM Modul und Software) erkaufte werden.



Abbildung 4: T-BOS SIM Software zur zentralen Steuerung der Firma Rainbird

Die restlichen Versuchsparzellen werden über Steuergeräte vor Ort, mit unterschiedlicher Anzahl von angesteuerten Bewässerungskreisen, betrieben. Bewährt haben sich bodeneben eingebaute Ventilkästen, die mit einem Spezialschlüssel zu öffnen sind, um Beschädigungen durch Pflege, Nutzung und Vandalismus möglichst gering zu halten. Die darin enthaltenen Steuergeräte sind batteriebetrieben und vor unbefugtem Zugriff geschützt. Die strombetriebenen Steuerungen wurden an Außenwänden bzw. Pflöcken montiert und können abgesperrt werden.

Die Akzeptanz von automatischen Bewässerungsanlagen bei den Gärtnern hängt von der einfachen Handhabung der Programmierung ab. Jeder Handgriff und Knopfdruck kostet Zeit und verursacht Kosten. Bei komplizierten Eingaberoutinen werden die notwendigen jahreszeitlichen Anpassungen der Steuergeräte nicht mehr vorgenommen. Dies führt zu einem erhöhten Wasserverbrauch, wie er z. B. im Jahr 2006 bei dem Bewässerungsversuch in der Abt. Landespflge festgestellt wurde⁴. Auf den Versuchsflächen kommen mehrere Steuergeräte zum Einsatz (Tab. 4):

⁴ N. Kendzia (2006): Rasen im Sprühnebel und Stauden am Tropf – Vergleich automatischer Bewässerungssysteme. Veitshöchheimer Berichte 88, S. 47-56.

Tabelle 4: Übersicht über die verwendeten Steuergeräte (Computer) für die automatische Bewässerung

Typbezeichnung der Steuergeräte	Hersteller	Anzahl der anschließbaren Bewässerungskreise	Energieversorgung	Kosten (ca. Listenpreis)
WP 2	Rainbird	2	Batterie	140 €
WP 4	Rainbird	4	Batterie	150 €
WP 6	Rainbird	6	Batterie	170 €
WP 8	Rainbird	8	Batterie	190 €
T-Bos (Funk)⁵	Rainbird	2	Batterie	300 €
T-Bos (infrarot)	Rainbird	2	Batterie	170 €
Easy Rain JTV Kit	Rainbird	1	Batterie	100 €
Dialog+8, GSM	Rainbird	8	230 V	630 €
DDC-4	Toro	4	230 V	180 €
Steuerung 4040	Gardena	4	230 V	100 €
SVC-400	Hunter	4	Batterie	250€
Pro-C, PCM 900	Hunter	9	230 V	450€

5.5.2 Bewässerungsverfahren

Auf den Versuchsflächen kamen alle automatischen Bewässerungsverfahren zum Einsatz bis auf die unterirdische Tropfbewässerung und Wasseranstau in bepflanzten Becken. Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) unterscheidet in ihren Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen folgende Verfahren: Tropfrohr, Mikroregner, Sprühregner und Drehstrahlregner. Je nach Vegetationstyp und Flächengröße wurden auf den Versuchsflächen geeignete Verfahren eingebaut.

Das Bewässerungsverfahren mit Tropfleitungen vereint die meisten Vorteile in sich: Eine Reparatur ist durch Einfügen eines Leitungsteils schnell möglich. Die bodennahe Wasserausbringung hält Verluste durch Verdunstung gering. Eine flächige Wasserausbringung ist in Staudenbeeten mit unterschiedlichen Wuchshöhen möglich. Es ragen keine Stative auf, die etwa durch ausparkende Fahrzeuge umgeknickt werden. Die Tropfleitungen können abgemulcht werden und sind daher unauffällig. Für größere Flächen sind Drehstrahlregner (Getrieberegner) mit einzelnen, wandernden Wasserstrahlen zu bevorzugen. Die Abdrift des Wasserschleiers durch Wind bei Sprühdüsen führt zu einem ungleichmäßigeren Bewässerungsergebnis. So wurde bei der Neuanlage im Zedernhain ausschließlich auf die flächige Bewässerung mit Tropfleitungen zurückgegriffen. Die weiteren Bewässerungsverfahren sind Tabelle 1 zu entnehmen (Tab.1).

⁵ Es ist eine Feldbedienungseinheit für ca. 400 € erforderlich.



Abbildung 5: Ventilkasten und Tropfleitung der Firma Hunter am Technikzentrum (Parzelle 21)

5.5.3 Sensortechnik

Messfühler oder Sensoren werden an die Steuergeräte angeschlossen, um das Bewässerungsprogramm bei Regen oder ausreichender Bodenfeuchte zu unterbrechen. Sie müssen an einer für die angeschlossenen Pflanzflächen repräsentativen Stelle eingebaut werden. Die üblichen Steuergeräte verfügen aber nur über maximal zwei Anschlüsse für diese Sensoren. Will man die Messdaten von verschiedenen Standorten, z. B. einer offenen Rasenfläche und von Gehölzen beschatteten Staudenpflanzung, so müssten sie zuvor über eine Software erfasst werden. Aus Kostengründen wird im Garten- und Landschaftsbau meist Sensortechnik mit Ein- und Abschaltautomatik mittels Regenmesser verwendet. Vereinzelt werden auch Bodenfühler an der Stelle eingesetzt, die an die Pflanzen mit höchstem Wasserbedarf anschließt.

Die Firma Hunter installierte eine kleine Wetterstation zur Ermittlung der aktuellen Evapotranspiration auf den Versuchspartellen 19-23 am Technikzentrum (Abb. 6).

In den Versuchspartellen des Bewässerungsversuches von 2005 (Parzellen 7-16) kamen neben den einfachen Regenstop-Sensoren auch ein Bodenfeuchtefühler zum Einsatz. Dieser erhitzt, von einer Batterie gespeist, ein Heizelement an seiner im Boden eingesetzten Spitze. Ist der Boden feucht, erfolgt eine schnellere Abkühlung. Herrscht Trockenheit, so ist die Abkühlzeit länger und der Sensor gibt die Bewässerungsanlage frei. Die Reaktionspanne aller Sensoren muss kalibriert werden, wobei man sich nicht vollständig auf die Skaleneinteilung an den Justiereinrichtungen verlassen kann. Eine Beobachtung und Kontrolle der Feuchtigkeit im Boden durch eine Spatenprobe für den jeweiligen Standort ist nötig.



Abbildung 6: ET-Station der Firma Hunter am Technikzentrum (Parzellen 19-23)



Abbildung 7: Bodenfeuchtefühler der Firma Gardena im Bewässerungsversuch (Parzelle 15)



Abbildung 8: Rain-Check, elektronische Beregnungs-Abschaltautomatik der Firma Rainbird an den Versuchspartellen des Zedernhains (Parzellen 2-5)

Tabelle 5: Eingesetzte Sensortechnik

Typbezeichnung	Hersteller	Funktion	Kosten (ca. Listenpreis)
Regensensor RSD-BEx	Rainbird	Messen der Regenmenge, Abschalten und Verzögern des Programms	35 €
Regensensor TRS	Toro	Messen der Regenmenge, Abschalten und Verzögern des Programms	50 €
Regensensor Rain-Click	Hunter	Messen der Regenmenge, Abschalten und Verzögern des Programms	35 €
pET-Datenbank in TBOS SIM	Rainbird	Ermittlung der Bewässerungsmenge anhand von monatl. Wetteraufzeichnungen	1200 €
Bodenfeuchtesensor	Gardena	Elektronische Messung der Temperaturdifferenz im Erdreich und Rückschluss auf dessen Feuchte	47 €
ET-Steuerung	Hunter	Berechnung des ET-Wertes aus Wetterdaten, Standortfaktoren, Pflanzenfaktoren (Penman-Monteith)	600 €

5.5.4 Grundeinstellung der Bewässerungsgabe

Im Gegensatz zur Landwirtschaft und dem Erwerbsgartenbau, bei denen eine Bewässerung zu besserer Qualität und höheren Erträgen der Monokulturen führen soll, steht im Garten- und Landschaftsbau der Erhalt von Rasenflächen und individueller Pflanzenszusammenstellungen im Vordergrund. Es gibt nur wenige Untersuchungen zum Wasserbedarf von „landschaftsgärtnerischen Kulturen“. Diese sind auch nur schwer auf andere Standortverhältnisse zu übertragen. Allein für Golf- und Sportrasen gibt es Empfehlungen für den Bewässerungsbedarf. Die Norm für Sportplätze verweist auf durchschnittliche Verdunstungsverluste bei Rasenflächen in Abhängigkeit von mehrstündigen Tageshöchsttemperaturen, die durch die Bewässerung ausgeglichen werden müssen (Tab. 6). Die Wassergabe soll dabei den Wurzelraum durchdringen, damit die Wurzeln zum Wachstum in die Tiefe angeregt werden und der Pflanze den Halt und dem Rasen die Scherfestigkeit geben.

Tabelle 6: Wasserbedarf von Rasenflächen mit Aufbau bei mehrstündigen Tageshöchsttemperaturen und durchschnittlicher Luftfeuchte und Windverhältnissen nach DIN 18035 Teil 2.

Tageshöchsttemperatur [°C]	Wasserverbrauch [mm/Tag]
> 30	> 5
25 bis 30	3 bis 4
20 bis 25	2 bis 3
15 bis 20	< 2

Der österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband rechnet für öffentliche Park- und Grünflächen in Regionen mit etwa 550 mm Jahresniederschlag mit einem zusätzlichen Bewässerungsbedarf von 100 l/m² in den Sommermonaten Juli und August (Tab. 7). Für unterfränkische Niederschlagsverhältnisse von 600 mm im Jahr ist nach Dr. Kolb eine zusätzliche Bewässerung von 100 l/m² für einen Hausgarten mit Rasen-, Gehölz-, Stauden- und Gemüseflächen realistisch (Kolb 1991).

Tabelle 7: Monatliche zusätzliche Bewässerungswassermenge von Park- und Grünflächen nach ÖWAV-Arbeitsbehelf Nr. 11 bei Jahresniederschlag von 550 mm und durchschnittlichen Bodenverhältnissen.

März [mm]	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
0	20	50	70	100	100	50	0
Kulturart	Jährliche Bewässerungswassermenge in mm						
Blumen	300						
Intensivobst	250						
Sonnenblume	120						

Als Grundeinstellung für die Bewässerungsanlagen an der LWG wurde deshalb für Stauden und Gehölzflächen eine wöchentliche Wassergabe von 25 Litern/m² bzw. von 30 Litern/m² für Rasenflächen vorgenommen. Letztere wurde meist auf zwei Bewässerungsgänge aufgeteilt, da die Höhe der einzelnen Bewässerungsgabe auf die Bodenart abgestimmt werden sollte. Aus der effektiven Durchwurzelungstiefe der Pflanzen und der Wasserspeicherfähigkeit der Bodenart kann man die maximale Wassergabe berechnen, die gegeben werden sollte, um die nutzbare Feldkapazität (nFK) auf 80 % aufzufüllen⁶. Wasserstress bei den Pflanzen wird vermieden, wenn die nFK nicht auf 30 % absinkt (FLL, LfL).

Die effektive Durchwurzelungstiefe wurde für die Gehölz und Staudenflächen an der LWG mit 30 cm angenommen. Aufgrund der Bodenart schluffiger Sand kann von einer pflanzenverfügbaren, nutzbaren Feldkapazität von 20 Vol-% auf einem Quadratmeter pro 10 cm Bodentiefe ausgegangen werden. Das vollständige Auffüllen des Bodens auf 100 % im durchwurzelten Raum umfasst demnach 60 l/m². Die Wassergabe für eine optimale Bewässerung⁷, d.h. das Auffüllen des Bodenwasserspeichers ab 30 % der nFK auf 80 % der nFK, beträgt 60 l/m² x 0,5 (50 % von 100%) = 30 l/m².

Diese Wassermenge kann in den Boden infiltrieren, ohne dass es Verluste durch oberflächlichen Abfluss oder Versickerung gibt. Dies wurde bei der oben beschriebenen Programmierung der Steuergeräte auf den Versuchsflächen berücksichtigt.

Eine dementsprechende Grundeinstellung der Steuerungscomputer ist in der Praxis weit verbreitet und wird oftmals nicht mehr abgeändert und an den tatsächlichen jahreszeitlichen Bedarf der Pflanzung angepasst. Grund hierfür ist der Arbeitsaufwand, die z.T. komplizierte Programmierung oder es wird einfach vergessen.

⁶ Andreas Thon: Konzept der bedarfsgerechten Bewässerung von Grünflächen anhand der Faktoren Boden und Vegetation.

⁷ Siehe FLL-Regelwerk „Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen“, Seite 34.

6. Versuchsprogramm

6.1 Wasserverbrauch und visueller Eindruck der Bepflanzung

Der Wasserverbrauch wird mittels Wasseruhren und dem jährlichen Ablesen ermittelt. Aus der Verbindung und Korrelation der Vitalität der Bepflanzung und dem Anspruch an die Bepflanzung (Erhaltungsbewässerung oder optimale Bewässerung) werden Kennwerte bzw. Faktoren ermittelt, die Grenzwerte für den maximal tolerierbaren Wasserverbrauch beschreiben können. Es gilt bei den unterschiedlich aufgebauten Bewässerungsanlagen jeweils einen praktikablen Weg zwischen Arbeitsaufwand für die Neuprogrammierung, der Ermittlung des tatsächlichen zusätzlichen Wasserbedarfes und den Ansprüchen an die Pflanzung zu finden. Für öffentliche Grünflächen sind der visuelle Eindruck, die Vitalität der Pflanzen und der Wasserverbrauch entscheidend. Ertrag und Qualität, wie die Landwirtschaft sie für eine Kultur fordert, stehen bei Mischpflanzungen nicht im Vordergrund.

In den Grünflächen wurden zu bonitierende Teilflächen mit den Maßen 3 x 3 m festgelegt, die die eigentlichen Versuchspartellen darstellen. Auf diesen Flächen können auch äußere Einflüsse wie Randlage oder Mitbewässerung durch manuelles Gießen ausgeschlossen werden. Die Bonituren werden durch Mitarbeiter der LWG Veitshöchheim durchgeführt. Die Boniturdatenblätter befinden sich im Anhang. Zeitpunkte: KW 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41 (Abschlussbonitur). Neben den anstehenden Bonituren wurde bei ausgewählten Parzellen der CC-Wert gemessen (Tab. 8).

Die ursprünglich geplanten Bonituren für visuellen Eindruck der Vegetationsflächen und die Vitalität der Pflanzen konnten nicht durchgeführt werden. Der Zeitplan wurde aufgrund personeller Engpässe im Versuchsbetrieb und technischen Störungen nicht eingehalten. Die Bewässerung konnte in den Versuchsjahren erst verspätet im Jahr (Mai) beginnen und musste während des Jahres mehrmals unterbrochen werden. Dies lag an Leckagen am zentralen Leitungsnetz der Bayerischen Landesanstalt und nicht an den daran anschließenden Bewässerungsanlagen. Zudem wurden die Versuchspartellen 26-31 durch die Neubaumaßnahmen an der LWG größtenteils zerstört, so dass eine vergleichende Betrachtung nicht mehr sinnvoll war.

Als Konsequenz zu den personellen Engpässen wurde Ende 2009 ein weiterer Landschaftsgärtner auf Fortbildung geschickt und in die Betreuung der Bewässerungsanlagen eingewiesen. Alternativ dazu könnten Serviceverträge mit Landschaftsbau- und Installationsbetrieben abgeschlossen werden. Für die Versuchsarbeit ist jedoch eine Betreuung durch den eigenen Betrieb nötig.

6.2 Recherche zu Bewässerungsmodellen

Bei weltweit sinkenden Ressourcen und immer höher werdendem Wasserbedarf gilt es, zur Einsparung des kostbaren Gutes, auch im Garten- und Landschaftsbau den Wassereinsatz zu optimieren. Um dabei jedoch Pflanz- und Grünflächen zu erhalten oder gar auszubauen sind intelligente Bewässerungsmodelle, verknüpft mit Bewässerungsverfahren und Steuerungen, nötig.

Die Geisenheimer Bewässerungssteuerung ist im Gartenbau bereits erfolgreich im Einsatz. Es wird dargelegt, wo die Unterschiede von zu bewässernden Flächen aus

dem Gartenbau und aus dem Garten- und Landschaftsbau liegen. Es werden Ansätze gezeigt, wie und in welchem Bereich man, teilweise mit Hilfe von Bodenfeuchte-Messgeräten (z.B. Tensiometer), die Geisenheimer Bewässerungssteuerung einsetzen kann und welche Forschung noch für einen erfolgreichen Einsatz notwendig ist.

6.3 Messungen zur Gleichförmigkeit der Wasserausbringung

Um die Gleichmäßigkeit eines Bewässerungssystems zu messen, kann die Europäische Norm EN 12484-5:2002 herangezogen werden. Alle Auswirkungen, die auf die Messung Einfluss nehmen könnten, werden ausgeschlossen bzw. aufgenommen. Besonders zu nennen sind hier:

- Wind
- Exposition der Rasenfläche
- Neigung der Rasenfläche

Die DIN EN 12484 Teil 5 beinhaltet die Kennwerte, die eingehalten werden müssen, um eine Berechnung des Christiansen-Gleichmäßigkeitskoeffizienten (CC oder CU für „contribution uniformity“ = Verteilgenauigkeit) durchführen zu können. Dieser Wert ist ein Qualitätskriterium für eine automatische Bewässerungsanlage und kann als zu prüfender Wert bei einer Abnahme herangezogen werden.

Voraussetzung für die Messung des CC-Wertes ist,

- dass die Fläche, auf der die Regner aufgestellt werden, frei von Hindernissen sein muss, die die Sprühbahn behindern könnten,
- dass die Vegetationshöhe 10-15 cm nicht überschreiten darf,
- dass die maximale Windgeschwindigkeit 0,9 m/s nicht übersteigt,
- dass die Sammelbehälter folgende Eigenschaften aufweisen müssen:
 - mindestens über das obere Drittel ihrer Höhe zylindrisch,
 - von gleicher Form und Größe,
 - scharfe Kanten auf der Sammelfläche,
 - so aufgebaut, dass von dem gesammelten Wasser nichts herausspritzen kann.

Die zu überprüfende Fläche wird entsprechend der DIN EN 12484 Teil 5 mit Regenwassersammelbehältern ausgestattet. Entsprechend der Wurfweite ist der Abstand zwischen den Behältern unterschiedlich. Die DIN 12484 regelt hier eindeutig die Abstände und die Art der Berechnung der Gleichförmigkeit.

- für Regner mit einer größeren Wurfweite als 10 m höchstens 2 m betragen.
- für Regner mit einer Wurfweite von 5 – 10 m höchstens 1 m betragen.
- für Regner mit einer Wurfweite unter 5 m höchstens 0,5 m betragen.

Um den CC-Wert zu berechnen wurde folgende Formel angewandt:

$$CC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum |h_m - h_t|}{n \times h_m} \right)$$

Dabei ist

CC	der Christiansen-Gleichmäßigkeitskoeffizient in Prozent;
n	die Anzahl der Ablesungen;
h_m	das arithmetische Mittel der Ablesungen;
h_t	die einzelne Ablesung an jedem Sammelbehälter;
$\sum h_m - h_t $	die Summe der Differenz als absoluter Wert aus der mittleren Höhe h_m und der gemessenen Höhe h_t .

Je höher der Wert des CC ist, desto gleichmäßiger ist die Wasserverteilung. Ein Wert über 90 % gilt als sehr gut. Selbst natürlicher Regen hat keinen CC-Wert von 100 %. Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) fordert eine gleichmäßige Verteilung der Wassergabe von mindestens 75 %. Die DIN 18035-2 fordert für Sportplätze sogar einen CC-Wert von über 80 %.

Die Messung des CC-Wertes wurde sowohl auf ausgewählten Flächen an der LWG (siehe Tab. 8) durchgeführt, als auch auf zwei repräsentativen Flächen im Kurpark des Bayerischen Staatsbades Bad Brückenau.

Tabelle 8: Messung des CC-Wertes zur Überprüfung der Qualität der Anlagenplanung

Lokaler Bezug	Bezeichnung	Fabrikat
Landespflge, BW-Versuch	Parzelle 8	Toro
Landespflge, BW-Versuch	Parzelle 10	Hunter
Landespflge, BW-Versuch	Parzelle 12	Rainbird
Landespflge, BW-Versuch	Parzelle 14	Gardena
Technikzentrum	Parzelle 19	Hunter
Technikzentrum	Parzelle 20a, kleine Rasenfläche Mitte	Hunter
Technikzentrum	Parzelle 20b, vordere Rasenfläche	Hunter
Technikzentrum	Parzelle 23	Hunter
Wohnheim, Eingang Schule	Parzelle 25	Perrot
Wohnheim, Rasenbackenzähne	Parzelle 26	Perrot
Schule, Volleyballfeld	Parzelle 27	Toro
Bad Brückenau	Rasenschanzen am Fürstenhof	Rainbird
Bad Brückenau	Sprühdüsen am Pavillon, Wandelgang	Rainbird

6.4 Dokumentation des Betriebs der Bewässerungsanlagen

Der Betrieb und die Instandhaltung der Bewässerungsanlagen werden schriftlich und fotografisch bzw. im Kurzfilm dokumentiert. Störungen werden zusammen mit ihren Ursachen, sofern sie feststellbar sind, notiert, um Verbesserungen vornehmen zu können. Die Arbeitszeiten für die manuelle Bewässerung bzw. die Wartung der automatischen Bewässerungsanlagen werden erfasst.

6.5 Betreuung des Bewässerungsprojektes in Bad Brückenau

Eine Umsetzung der bisherigen Untersuchungsergebnisse fand bei der Bewässerung des Kurparkes im Bayerischen Staatsbad Bad Brückenau statt. Die Kurverwaltung informierte sich im Jahr 2009 an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau anhand der dort eingebauten Bewässerungsanlagen über den Stand der Technik und über die Realisierungsmöglichkeiten einer automatischen Bewässerung im Kurpark. Im selben Jahr führte die Kurverwaltung eine beschränkte Ausschreibung durch, bei der 4 Firmen ihre Angebote einreichten und in einem anschließenden Bietergespräch ihre Leistungsfähigkeit nachweisen mussten. Der Zuschlag ging an die Firma Stock aus Mommenheim bei Mainz. Es wurden Produkte der Firma Rainbird verbaut. Herausragendes Merkmal der Planung ist eine Zentralsteuerung der Bewässerung des gesamten Parks über Dekoder. Dabei wurde die vielfach eingesetzte Software „Site Control“ auf einem eigens aufgestellten Rechner im Büro der Kurgärtnerei installiert. Diese erlaubt auch eine Fernwartung durch die Installationsfirma. Eine intelligente Steuerung der zwei Grundfos-Pumpen erlaubt es, die Bewässerungskreise je nach verfügbarer Wassermenge zusammenzufassen und die Bewässerungszeiten zu minimieren. Die Ergebnisse von der Vergabe bis zur Abnahme sowie die Erfahrungen der Gärtner wurden dokumentiert.

7. Ergebnisse

7.1 Wasserverbrauch und Bonitur des visuellen Eindrucks

7.1.1 Wasserverbrauch und Visueller Eindruck im Bewässerungsversuch

Automatische Bewässerungsanlagen können mit Hilfe einer computergestützten Steuerung helfen, Wasser und Arbeitszeit zu sparen. Die Hersteller bieten unterschiedliche Sensoren an, deren Genauigkeit von einer groben Abschätzung des Bewässerungsbedarfes bis hin zur konkreten Berechnung der tatsächlichen Evapotranspiration reicht. Der Abschaltzeitpunkt der zusätzlichen Bewässerung durch die Sensortechnik muss auf den konkreten Bewässerungsbedarf der Pflanzung abgestimmt bzw. geeicht werden. Die Innovation im Bereich der Messfühler in den Sensoren schreitet fort (Bimetall, TDR-Sonden, Wärmeleitfähigkeit, Unterdruck/Tensiometer, Stromleitfähigkeit, Turgordruck). Leider existieren in der Praxis noch zu wenige Anschlussmöglichkeiten an die Steuerungscomputer. Zudem besteht Forschungsbedarf hinsichtlich des Wasserverbrauches der im Landschaftsbau eingesetzten Pflanzengesellschaften und der Zuverlässigkeit der am Markt gängigen Technik.

Der Bewässerungsversuch in der Abteilung Landespflege zeigt, dass die Regensensoren, welche die Anlagen bei natürlichem Niederschlag abschalten, im Jahr 2011 zuverlässig einen höheren Wasserverbrauch verhinderten. Die Phase der Abschaltung ist über Austrocknung eines Quellholzes steuerbar. Durch Schließen der eingebauten Lüftungsschlitze kann dies bis zu zwei Tage dauern.

Dieser hätte im Bewässerungszeitraum von 25 Wochen bei 1125 mm gelegen, lag aber durch die Regenmesser der Firmen Toro, Hunter und Rainbird zwischen 345 mm und 496 mm zusätzlicher Bewässerung. Die Abweichungen sind auf die Feinjustierung an den einzelnen Sensoren zur auslösenden Niederschlagshöhe und Verzögerung der Freigabe zurückzuführen. Die größte Wasserersparnis war mit dem Bodenfeuchtefühler der Firma Gardena zu erzielen (Tab. 9). Im Jahr 2009 wurde mit einer Grundeinstellung von 15 Litern/m² pro Woche für die Rasen- und Staudenfläche gefahren. Daraufhin waren der visuelle Eindruck und die Vitalität der manuell bewässerten Parzelle, wie auch der automatisch bewässerten Parzellen, allenfalls ausreichend. Als Optimum ist eine zusätzliche Bewässerung der Mischpflanzung von 200 bis 300 mm im Jahr in Unterfranken anzusehen. Darüber hinausgehende Spitzengaben sind Wasserverschwendung und führen auch optisch nicht zu einem besseren Aussehen.

Tabelle 9: Wasserverbrauch im Bewässerungsversuch auf den 38 m² großen Versuchspartellen bei jährlich unterschiedlicher Programmierung und Sensoreinsatz

Jahr	Manuell (l/m ²)	Toro (l/m ²)	Hunter (l/m ²)	Rainbird (l/m ²)	Gardena (l/m ²)	Nat. Niederschlag während Betrieb (l/m ²)
2007	32	257	245	341	182	422
2008	84	188	718	188	372	391
2009	0	16	51	47	37	353
2010	27	197	348	400	133	424
2011	0	345	419	496	281	341

Im Diagramm ist der Wasserverbrauch der verschiedenen Vergleichsparzellen des Bewässerungsversuches (Parzellen 7-16) in den Jahren 2007 bis 2009 dargestellt (Abb. 9). Die Programmierung erfolgte anhand von Faustzahlen, zwei mal 15 l/m² in der Woche auf die Rasenfläche und einmal 25 l/m² auf die Staudenfläche während der Vegetationsperiode von April bis Oktober. Im Jahr 2009 wurde mit der Bewässerung erst im Mai begonnen und maximal 15 l/m² in der Woche gegeben. Diese Wassergabe wurde vom Regensensor verhindert, wenn natürlicher Niederschlag gefallen war. Die manuell bewässerte Parzelle wurde im Jahr 2009 gar nicht gegossen.

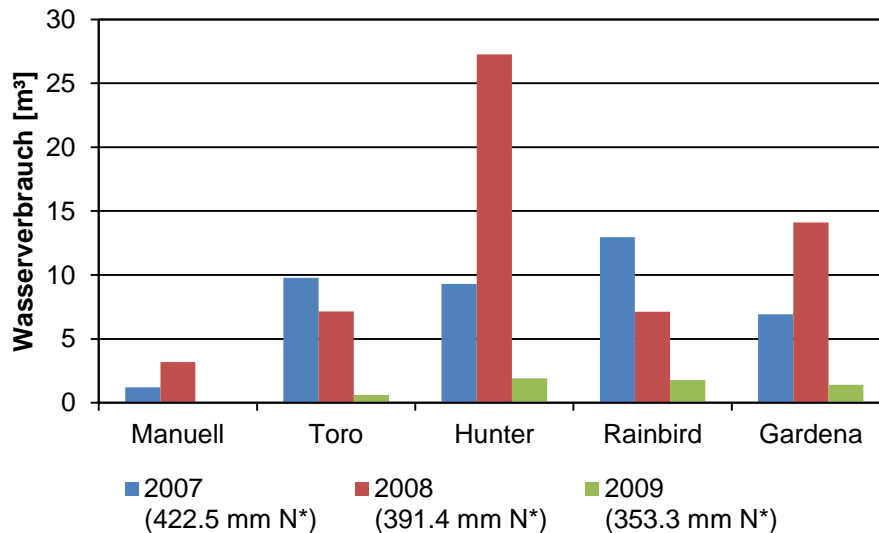


Abbildung 9: Wasserverbrauch der Versuchspartzen 7-16, N* ist der natürliche Niederschlag in der Vegetationsperiode April-Oktober.

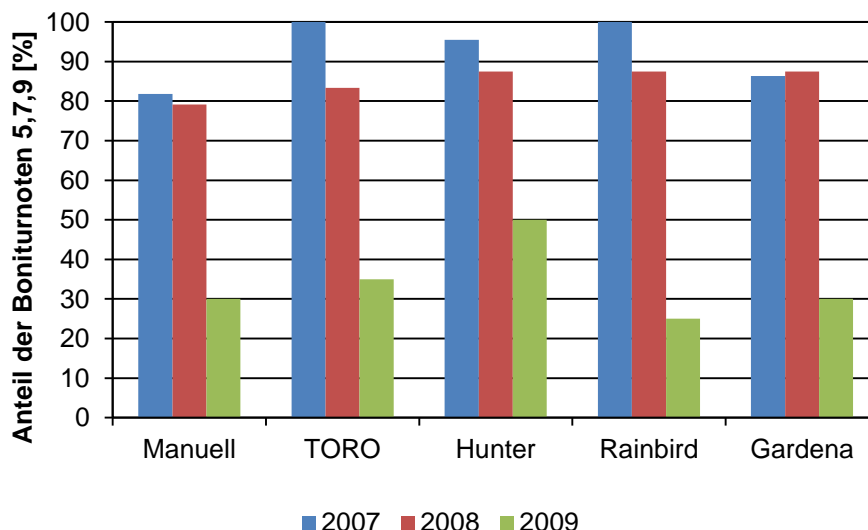


Abbildung 10: Visueller Eindruck der Versuchspartzen 7-16 im Herbst, Boniturnoten 5=befriedigend, 7=gut, 9=sehr gut zusammengefasst.

Im obigen Diagramm ist der visuelle Eindruck wiedergegeben, der sich aus dem Bewässerungsmanagement im Herbst der Versuchsjahre ergeben hat (Abb. 10). Eine Abhängigkeit von der Wassergabe ist festzustellen. Die Jahresmenge 2009 von im Schnitt 1,43 m³ (zum Vergleich 9,73 m³ in 2007) auf die Versuchspartzele von 38

m², was einer zusätzlichen Bewässerung von 37,63 l/m² (zum Vergleich 256,11 l/m² in 2007) entspricht, reicht für ein zufriedenstellendes Erscheinungsbild nicht aus.

Insgesamt hat sich die Grundeinstellung, die auf durchschnittlichen Verdunstungswerten beruht, bei der Bewässerung bewährt. Die Pflanzung war dabei sicher z.T. über dem Optimum bewässert. An den Wert, der gerade noch für eine vitale und optisch befriedigende Erhaltungsbewässerung ausreicht, muss sich noch herangestastet werden.

7.1.2 Steuerung mit Evapotranspirationen

Völlig autark ermittelt die Anlage der Firma Hunter am Technikzentrum ihr Bewässerungsprogramm aus den Wetterdaten einer sogenannten ET-Station. Diese berechnet die tatsächliche Evapotranspiration aus Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Pflanzentyp, Wuchsstadium, Boden und Exposition. Nachdem ein defektes Gerät im Jahr 2008 ausgetauscht worden war, lieferte das System eher großzügige Wassergaben, insbesondere für die Rasenflächen (Abb. 11). Die Rasenflächen waren auch im Jahr 2010 stark vermoost, was nicht nur an der üppigen Bewässerung, sondern vor allem am schattigen Standort an der Nordseite des Technikzentrums lag (Parzellen 19 und 20). Die Programmeinstellung der Exposition der Rasenfläche wurde deshalb im Jahr 2011 von 25 % Schattenanteil auf 75 % geändert. Insgesamt wurde die Bepflanzung in den letzten Jahren zuverlässig bewässert.

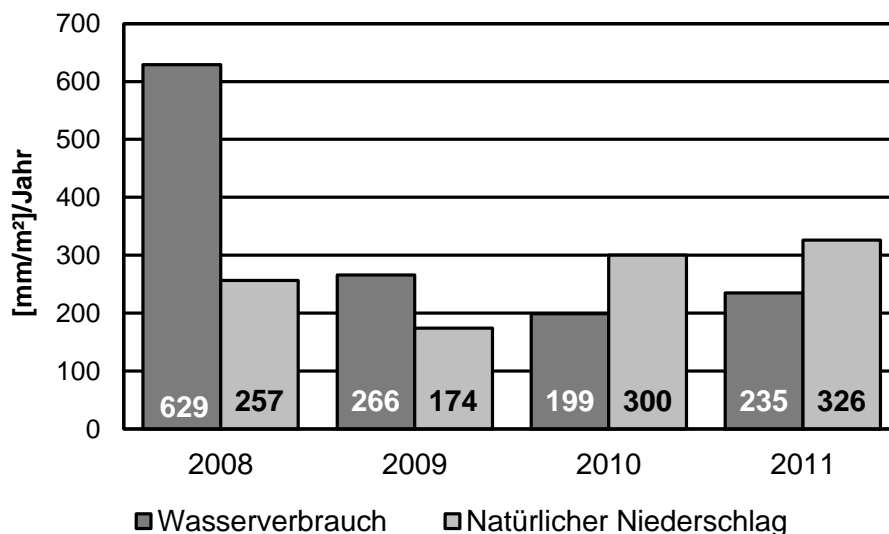


Abbildung 11: Wasserverbrauch der Versuchspartellen 19-23 (Technikzentrum) über die Vegetationsperiode (Mai-Oktober) in den Jahren 2008-2010.

Ein großer Vorteil dieser Anlage ist es, dass keine jahreszeitliche Anpassung vorgenommen werden muss und bis auf Inbetriebnahme und Einwinterung kein Arbeitsaufwand für die Bewässerungsanlage entsteht. Der Anschluss von Wetterstationen an allen Grünflächen ist, im Vergleich zur erzielenden Wasserersparnis gegenüber automatischen Anlagen mit einfacher Regenabschaltung, bei den derzeitigen Wasserpreisen zu teuer. Für öffentliche Grünflächen sind autarke Insellösungen auf den verteilten Grünflächen – trotz ihrer vermeintlichen Arbeitersparnis – schwer zu überwachen. Zentrale Steuerungen, kombiniert mit dem Sensoreinsatz vor Ort, bieten sich als bessere Lösung an.

7.2 Recherche zu Bewässerungsmodellen und Überprüfung der Übertragbarkeit für Landschaftsbau und Grünflächenpflege in den Kommunen

7.2.1 Bewässerungssteuerung aufgrund der klimatischen Wasserbilanz

Die Geisenheimer Bewässerungssteuerung ist eine Weiterentwicklung der Bewässerungssteuerung auf Basis der klimatischen Wasserbilanzen durch Prof. Dr. Paschold⁸. Sie dient der Errechnung von Wasserbilanzen und der daraus resultierenden Bewässerungsmenge zu einem bestimmten Zeitpunkt. Dabei wird die Wassergabenmenge an die pflanzlichen Entwicklungsstadien angepasst.

Nur wenn folgende drei Arbeitsschritte eingehalten werden, ist eine Bewässerung nach objektiven Kriterien möglich:

- Festlegen der Bewässerungsmenge je Bewässerungsvorgang in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften, der Pflanzenart und deren Entwicklungsstadium.
- Kalkulieren der täglichen Wasserbilanz nach der korrigierten Penman-Monteith-Formel
- Bestimmen des Zeitpunktes der Bewässerung, wenn die Summe der täglichen Wasserbilanzen der vorgegebenen Bewässerungsmenge, z.B. 30mm, entspricht.

Bei der korrigierten Penman-Monteith-Formel handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Penman-Monteith-Modells, das von der FAO (Food and Agriculture Organisation) zur Steuerung von Bewässerungen empfohlen wird⁹. Die in Zusammenarbeit mit der Außenstelle des DWD (Deutscher Wetterdienst) in Geisenheim entwickelte korrigierte Formel lautet:

Tägliche Wasserbilanz =

Verdunstung nach PENMAN $\times k_c$ – Niederschlag (precipitation)
oder $d_w = ET_A - P$ (Paschold 2010)

Dabei ist der k_c -Wert ein Korrekturfaktor, der in drei bis vier festgelegten unterschiedlichen Entwicklungsstadien einer Pflanze jeweils den Wasserbedarf in Form eines Koeffizienten von 0,2-0,5 (zu Beginn des Wachstums) bis 1,4 (im Endstadium) angibt.

Die aktuelle Verdunstung (ET_A) ist somit ein Produkt der täglich aus meteorologischen Daten errechneten potentiellen Verdunstung (ET_P) und dem Korrekturfaktor (k_c) des aktuellen Entwicklungsstadiums einer Pflanze. Für die aktuelle Wasserbilanz einzelner Gemüsearten wurden Korrekturfaktoren je Entwicklungsstadien der Pflanzen in Lysimeter- und Feldversuchen bestimmt.

Ziel ist es also eine Wassermenge zu finden, die der Boden aufnehmen kann und die für die Pflanze maximal (in Bezug auf die Durchwurzelungstiefe) erreichbar ist, ohne dass es zu überhöhten oder zu geringen Bewässerungsgaben kommt.

⁸ Siehe u.a. PASCHOLD (2010)

⁹ nach Dietrich, Schöniger (2010)

Um die optimalen Gabenhöhen festzulegen, ist daher eine Bestimmung der bodenphysikalischen Eigenschaften der zu bewässernden Fläche nötig. Gibt es unterschiedliche Böden auf einer Fläche, sind die Kennwerte jedes Bodens einzeln zu bestimmen und die Wassergabehöhen separat zu berechnen. Für gleiche Böden, auch auf unterschiedlichen Flächen, kann die errechnete Gabenhöhe übernommen werden.

Ebenso ist es wichtig, die Durchwurzelungstiefe der Pflanzen je Entwicklungsstadium zu kennen.

Mit steigendem Entwicklungsstadium verändert sich der Wasserbedarf der Pflanze und die Durchwurzelungstiefe. Der steigende Wasserbedarf begründet sich durch steigende Transpirationsleistungen und dem Biomassezuwachs.

Bei unterschiedlichen Entwicklungsstadien werden also unterschiedliche Ansprüche an die Bewässerung gestellt.

Da Pflanzen in ihren Anfangsstadien noch nicht so tief wurzeln wie in fortgeschrittenen Stadien ist zu Beginn oft schon eine Wassergabenhöhe von 10mm ausreichend. Die Gabenmenge steigt je nach Bodenart und Pflanze (Durchwurzelungstiefe) von Stadium zu Stadium bis auf etwa 40 mm an. Sobald die Pflanze ein nächsthöheres Stadium erreicht, sollte auch die Gabenhöhe überprüft werden. Die stetige Anpassung der Wassergabenhöhe an das Pflanzenstadium hat zudem den Vorteil, dass neben der Wasserersparnis in frühen Stadien auch das Tiefenwurzelnwachstum gefördert wird.

7.2.2 Errechnung der Wasserbilanzen

Für jeden Schlag und jede Pflanzenart wird eine eigene Wasserbilanz, also der Wasserbedarf (in mm) des Bestandes auf der Fläche, errechnet. Dazu ist die Kenntnis der Verdunstungs- und Niederschlagsmengen des jeweiligen Bereiches notwendig. Die aktuellen Verdunstungswerte (PENMAN-Wert) werden vom Deutsche Wetterdienst (nachfolgend DWD) auf Basis der korrigierten PENMAN-MONTHEITH-Formel für die jeweilige Pflanzenart täglich herausgegeben. Dieser Wert wird mit dem entsprechenden k_c -Wert der Pflanze multipliziert, so dass man nun den „Geisenheimer Steuerungswert“ erhält, von dem noch die schlagspezifische Niederschlagsmenge¹⁰ abgezogen werden muss um die tägliche Wasserbilanz zu erhalten. Die Addition der täglichen Wasserbilanzen ergibt die Gesamtwasserbilanz des betreffenden Schlages. Sobald diese Bilanz den vorgegebenen Wert (z.B. 30mm) überschritten hat, muss mit ebendieser Menge bewässert werden.

Das Ziel aller Bewässerungsarten ist es, den Wassergehalt im Boden möglichst gleichmäßig auf einem für die Pflanze idealen Niveau zu halten, das heißt, dass die nFK zwischen 60 – 80% liegen sollte.

Bei der Bewässerung mit Tropfern lässt sich der Steuerungsbereich der Bodenfeuchte enger halten als bei Beregnungsanlagen, da bei jedem Bewässerungsvorgang das Wasser direkt vom Boden aufgenommen werden kann und nicht mit Windabdrift, höherer Verdunstung und Interzeptionswasser gerechnet werden muss.

¹⁰ Wert wird jeweils mit Regenschirm vor Ort gemessen.

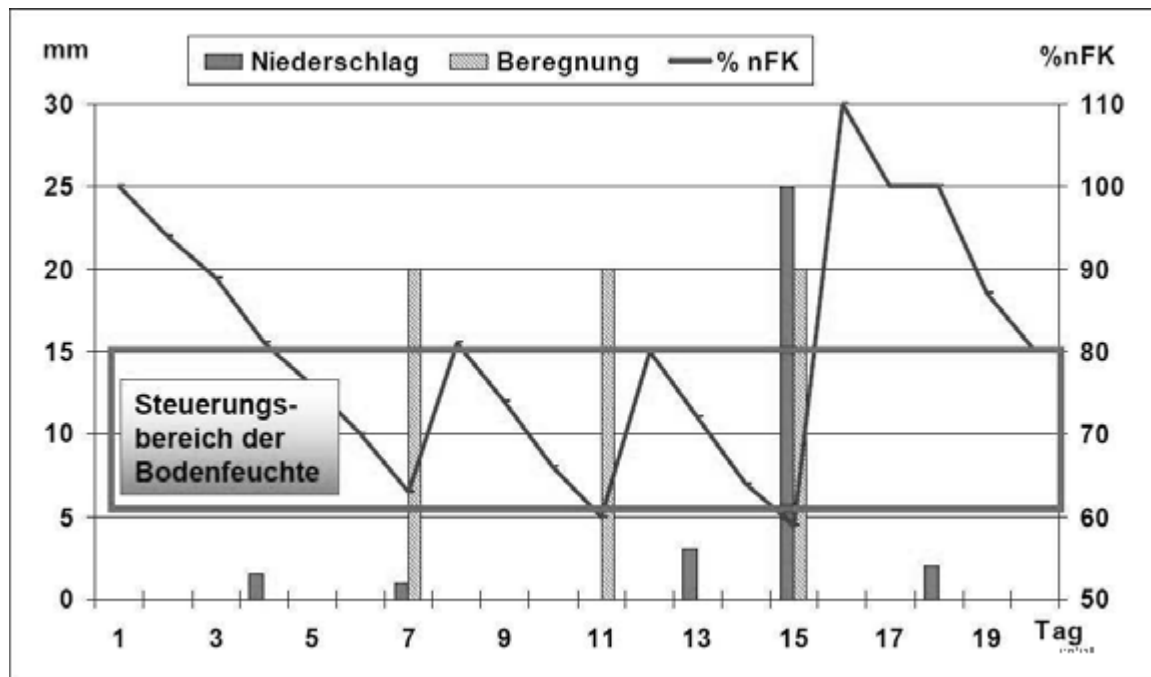


Abbildung 12: Wasserbilanz des Bodens bei Beregnung (PASCHOLD 2010)

7.2.3 Anwendung der Geisenheimer Bewässerungssteuerung im Garten- und Landschaftsbau

Bisher gab es verbrauchsabhängige Bewässerungssteuerungen nur in der Landwirtschaft und dem Erwerbsgartenbau. Hier hat eine höhere Qualität und Quantität der Pflanzen direkte finanzielle positive Folgen, weshalb diese Bereiche auch gut erforscht sind. Im Gegensatz zum Erwerbsgartenbau gibt es bei der Anwendung im Garten- und Landschaftsbau nur sehr wenig „Monokulturen“, die eine einfache gleichmäßige Bewässerung ermöglichen würden. Ebenso gibt es keine Werte, ab wann und wie hoch bewässert werden muss, um ein gewünschtes (noch zu definierendes) Ergebnis zu erhalten. In Tabelle 10 werden die Unterschiede zwischen Gartenbau und Garten- und Landschaftsbau dargestellt (Tab. 10).

Bekannte „Monokulturen“ im GaLaBau, die einer großflächigen einheitlichen Bewässerung bedürfen, sind Rasen- und Wiesenflächen bei Golfplatzanlagen sowie Sportplatz-Rasenflächen. Aber auch „Wiesen“ in Stadtparks und Rasenflächen in Hausgärten können als „Monokulturen“ angesehen werden, ebenso wie großflächige Pflanzungen von zum Beispiel Rosen und Stauden. Die Notwendigkeit der Bewässerung von Stadtgrün z.B. Wiesen wird durch die Auswirkungen des Klimawandels steigen, um die Ziele der Unterhaltungspflege zu verwirklichen.

Tabelle 10: Unterschiede bei der Bewässerung im Gartenbau und Garten- und Landschaftsbau

	Gartenbau	Garten- und Landschaftsbau
Bewässerungsziel	möglichst hoher Ertrag	Erhaltung der Pflanze (öffentl. Grün), optimales Erscheinungsbild (Hausgarten), Nutzungsansprüche (insbesondere Sportrasenflächen, Parkwiesen)
Pflanzenarten	Nutz- / Kulturpflanzen	Zierpflanzen, in geringen Mengen auch Nutz- / Kulturpflanzen (Hausgarten), Sportrasen
Bodenart	im gesamten Schlag nahezu gleich	Anthropogene Böden, auch unterschiedliche Bodenarten auf engem Raum
Eigenschaften und Bedürfnisse der Pflanzen	bekannt und gut erforscht	oft wenig bekannt
Standortansprüche	gleich, da meist Monokultur	bei den Pflanzen in einem Beet oft nur ähnlich
Wasserverbrauch je Pflanze	im gesamten Schlag nahezu gleich	bei jeder Pflanze im Beet unterschiedlich
Stadium / Alter der Pflanzen	im gesamten Schlag nahezu gleich	bei jeder Pflanze im Beet unterschiedlich ¹¹
Anordnung der Pflanzen	gleichmäßig, geometrisch, meist reihenförmig	von ungleichmäßig, organisch bis streng geometrisch, Höhenstaffelung
„Sicht“-Kontrolle des Schlages / Beetes (aus der Nähe)	fast täglich	selten, teils nur bei Pflegedurchgängen des Gärtners
Überwachung der Bewässerungsanlage	nahezu ständig von fachkundigen Mitarbeitern	selten bis gar nicht vom Eigentümer/Gärtner

Während es im Gartenbau nur ein Ziel gibt, nämlich den Ertrag zu optimieren, gibt es im Galabau gleich drei:

- „optimale“ Bewässerung für ein optimales (optisches) Erscheinungsbild, vor allem in Hausgärten
- „minimale“ Bewässerung um einen Ausfall der Pflanzen zu vermeiden, meist in öffentlichen Grünanlagen (Erhaltungsbewässerung)
- „ausreichende“ Bewässerung für hohe Belastungsansprüche bei geringem Wassereinsatz, hauptsächlich auf Rasensport- und Golfplätzen.

Eine Gliederung sowohl von Hausgärten als auch größerer Park- oder Grünanlagen in einzelne Bereiche mit einheitlichem Bewässerungsregime könnte beispielsweise mit der Einteilung nach Lebensbereichen vorgenommen werden. Dort wird nach Sonnen-/ Schatten-, Wasser- und Bodenanspruch der Pflanzen unterteilt. Diese Unterteilung hat zur Folge, dass Pflanzen mit ähnlichen Bedürfnissen einem typischen Lebensbereich zugeordnet werden. Zwar wird man es auch dann mit einer Vielzahl einzelner Pflanzen mit individuellem Wasserhaushalt zu tun haben, jedoch ließen sich so zumindest Bewässerungsbereiche definieren, die besser von einem Bewässerungsstrang versorgt werden könnten.

Bei der Bepflanzungsplanung sollte daher darauf geachtet werden, dass keine Pflanzen mit größeren gegensätzlichen Ansprüchen verwendet werden, denn sonst

¹¹ Ausnahme: Einheitsfläche = Fläche einer Pflanzenart/-sorte, die meist nur über die Anordnung (Form und Farbe) der Pflanzen wirkt.

kann eine einheitliche Bewässerung zu Trockenschäden oder zu Überwässerungsschäden führen.

Gegenüber den Nutzpflanzen haben Zierpflanzen zum Großteil eine wesentlich höhere Lebenserwartung als nur ein oder zwei Vegetationsperioden. Somit verändert sich der Wasserverbrauch der einzelnen Pflanzen mit zunehmendem Alter stark.

Hier bietet die „Geisenheimer Bewässerungssteuerung“ einen guten Ansatz, indem sie jede Pflanze in individuelle Entwicklungsstadien unterteilt. Im Gemüsebau sind bisher meist drei oder vier Stadien vorgesehen.

Diese Entwicklungsstadien können nicht auf den Garten- und Landschaftsbau übertragen werden. Im GaLaBau werden meist gut durchwurzelte Pflanzen eingesetzt, die Etablierung von Pflanzungen durch Aussaat wird kaum noch durchgeführt. Selbst bei der Neuanlage von Rasenflächen wird zunehmend Fertigrasen verwendet. Die Ansprüche der Aufwuchsphase (Keimung und Jungpflanzenstadium) fällt kaum noch in den Bereich des Garten- und Landschaftsbaus.

Die Entwicklungsstadien die im GaLaBau relevant sind, könnten folgendermaßen eingeteilt werden:

- Anwuchsphase: Die Bewässerung soll den Anwuchs der gepflanzten Stauden und Gehölze bzw. des frisch verlegten Rollrasens sicherstellen.
- Etablierungsphase und Erhaltungsphase: Die Bewässerung soll die Anforderung der Unterhaltungspflege erfüllen, um nachhaltig die Vitalität und Funktion von Grünflächen sicherzustellen.

Möglich wäre es ebenfalls, neue Korrekturfaktoren bezüglich Größe (Höhe, Breite) und Wuchsform einzuführen. Bei einigen Pflanzen hingegen, vor allem bei großen Bäumen, wird auf bestimmten Böden ab einem bestimmten Alter bzw. Größe keine Bewässerung mehr notwendig sein, da eine selbstständige Versorgung durch einen großen Wurzelraum sichergestellt ist (vgl. SCHÖNFELD, P., 1991). Hier gilt es herauszufinden, ab wann sich diese Pflanzen komplett selber versorgen können.

7.2.4 Fazit zur Anwendbarkeit der Geisenheimer Steuerung

Die Geisenheimer Bewässerungssteuerung ist eine sehr effiziente Methode die Bewässerungsintensität der Bewässerungsgabe zu lenken. Sie wurde für den Feldanbau von Gemüse und Früchten entwickelt.

Der Klimawandel macht die Notwendigkeit der Bewässerung von Privatgärten immer notwendiger. Es müssen zeitnah neue Regelsysteme aus bewährten Bewässerungssteuerungen entwickelt werden.

Der Versuch der Übertragbarkeit der Geisenheimer Bewässerungssteuerung auf den GaLaBau wirft folgende Probleme auf:

- Im GaLaBau keine uniformen Vegetationsflächen, z.T. unterschiedliche Böden
- Unterschiedliche Entwicklungsphasen lassen eine Übertragbarkeit nicht zu.
- Auf unterschiedliche Exposition, Windeinflüsse und Relief wird nicht eingegangen
- Die benötigten Sensorik für die Erfassung des Feuchtigkeitsgehalts über die pf-Werte in Verbindung mit einem Steuergerät ist auf dem deutschen Markt noch nicht etabliert z.T. auch nicht erhältlich

- Forschungsbedarf besteht bei den individuellen Transpirationsleistungen der Pflanzen, die im GalaBau verwendet werden. Diese Verdunstungswerte fehlen auch für die unterschiedlichen Entwicklungsstadien
- Optimal ist die auf den Standort angepasste Berechnung der Bewässerungsmenge. Die Bewässerungsintensität muss durch Erfahrungswerte eingestellt werden. Regensensoren und Bodenfeuchtigkeitssensoren können den Wasserverbrauch senken.

7.3 Ergebnisse der Durchführung von Messungen zur Gleichförmigkeit der Wasserausbringung

7.3.1 Wasserverteilung auf den Versuchsflächen der LWG

Die Messung der Wasserverteilung auf Vegetationsflächen wurde gemäß dem Versuchsprogramm im Jahr 2009 von der Firma IBW, Andreas Thon, in Zusammenarbeit mit dem Versuchsbetrieb der Abteilung Landespflege vorgenommen. Die Ergebnisse zum Stand 18.12.2009 sind im Anhang dargestellt.

Es wurden Regenmesser nach DIN EN 12484-5 gleichmäßig über die bewässerte Fläche verteilt. Nach einer bestimmten Laufzeit der Bewässerungsanlage wurde der Behälterinhalt abgelesen und die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung nach Christiansen (CC-Wert) berechnet (Abb.13). Die Summe der Abweichungen der einzelnen Messungen (Behälterinhalte) vom Mittelwert wird dabei ins Verhältnis zu dem Mittelwert der Messung gesetzt. Die Umweltbedingungen bei der Messung wurden jeweils notiert und mit dem Messprotokoll niedergelegt (Tab. 11, Anhang).

Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) fordert eine gleichmäßige Verteilung der Wassergabe von mindestens 75 %. Die DIN 18035-2 fordert für Sportplätze sogar einen CU-Wert von über 80 %.

Die Messungen auf ausgewählten Rasenflächen der LWG ergaben, dass ein Großteil der Flächen nur 60 % erreicht. Nur eine rechteckige Fläche mit Multistrahlregnern erreichte 80 %. Regenschatten durch unterschiedlich hohe Pflanzen und unregelmäßiger Flächenzuschnitt sowie Geländeneigung führen zur ungleichmäßigen Wasserverteilung. Unter den gegebenen Wassermengen, Bodenverhältnissen und Pflanzenarten auf unseren Versuchsflächen wirkt sich diese nicht auf die Vitalität der Pflanzen aus. Die Wasserversorgung aller Pflanzen in den Parzellen war gewährleistet und es waren keine signifikanten Unterschiede (z.B. vertrocknete Pflanzen) erkennbar. Offensichtlich verteilen sich die durchdringenden Wassergaben auf dem schluffigen Sand durch die Kapillarität des Bodens und erreichen die Wurzeln aller Pflanzen.

Allerdings führt diese Ungenauigkeit zur Wasserverschwendung, da ja die unterversorgten Bereiche länger bewässert werden müssen, um durchdringend durchfeuchtet zu werden. Was wiederum bedeutet, dass die restlichen Flächen überbewässert werden.

Bei der Planung und später bei der Abnahme sollte dieses Kriterium überprüft werden. Maßgeblich wird die Wasserverteilung durch die Anordnung der Regner (Regnerverband) beeinflusst. Vergrößert man die Regnerabstände über die Kopf-zu-Kopf-

Anordnung entsprechend ihrer Wurfweiten hinaus, so verschlechtert sich der CU-Wert. Eine Überdeckung von 80 % ist meistens noch akzeptabel, sollte aber nicht in trockenen Gebieten unter 500 mm/Jahr und bei sehr durchlässigem Boden, etwa dem Drainschichtaufbau von Sportplätzen, angewendet werden.



Abbildung 13: Messung der Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung nach DIN EN 12484-5 als Kriterium bei der Abnahme.

Tabelle 11: Exemplarische Umgebungsbedingungen bei der Messung der gleichmäßigen Wasserverteilung auf zwei Versuchsflächen nach EN 12484-5:2002 (D)

Ort:	Technikzentrum, Rasenfläche mit Rotatordüsen (Hunter)	Volleyballfeld, Rasenfläche mit Getrieberegern (Toro)
Laufzeit der Messung:	45 Minuten	120 Minuten
Statischer Druck:	4,5 bar	5,2 bar
Fließdruck am Magnetventil:	4,1 bar	2,3-2,8 bar am Regner
Windgeschwindigkeit:	Minimum: 0,3 m/s; Maximum: 0,7 m/s	Minimum: 0 m/s; Maximum 0,3 m/s
Temperatur:	5,9 °C	13,8 °C
Neigung:	13 %	2 %
Rastergröße:	0,5 m	2 m
Regner:	MP 2000 Rotator 90° bis 210°	Serie 700 Toro 1,5 Düse
Messwerte pro 60 Minuten:		
Minimalwert:	4,67	0,25
Maximalwert:	18,7	7,75
Mittelwert:	10,8	2,84
Anzahl:	141	98
Mittelwert der 25 % niedrigsten Werte (mLQ):	7,54	1,32
CU-Wert = Christiansen Gleichförmigkeitskoeffizient in % (mind. 75 % nach FLL)	80,00	61,5

7.3.2 Wasserverteilung im Kurpark Bad Brückenau

Entsprechend den Voraussetzungen der DIN EN 12484 Teil 5 und der FLL-Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen für Vegetationsflächen ist die Untersuchung über die Gleichmäßigkeit der Verteilung am 07.09.2011 durch die IBW-Thon, Herrn Andreas Thon, zusammen mit Herrn Nikolai Kendzia der LWG Veitshöchheim durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Messung sind im Anhang dargestellt.

Messung des CC-Wertes am Fürstenhof

Die Gartenanlage des Fürstenhofs besitzt ein starkes Relief. Abhänge mit starkem Gefälle (bis 50 Grad Hangneigung) wechseln sich mit ebenen Passagen ab. Die Platzierung der Messgefäße in den Rasenschanzen gestaltete sich als schwierig, ist generell aber regelwerkskonform. Während der Messung wurde die maximal zulässige Windstärke in Form von Böen mehrmals überschritten. Die Ergebnisse der Messung sind daher als nur bedingt repräsentativ zu erachten.

Es wurde ein kalkulatorischer CC-Wert von 48,7 % ermittelt. Bei der Verteilung des Wassers ist auffallend, dass im Bereich, der dem Fürstenhof zugewandt ist, eine starke Vernässung des Rasens durch die 1804 Versenkdüsen mit den eingesetzten VAN Düsen stattfindet. Die Absolutwerte zum Mittelwert des ausgebrachten Bewässerungswassers dieses Bereichs übersteigen alle anderen Werte der gesamten Anlage. Die Hänge werden mit „herabregnenden“ 3504 Drehstrahlregnern bewässert. Die Gleichmäßigkeit der Verteilung erscheint hier besser als im Nahbereich des Fürstenhofs, allerdings schlechter als der ebenen Flächen, die mit den 5004 Drehstrahlregnern bewässert werden.

Probehalber wurde ein CC-Wert ohne die Vernässung der Nahbereiche, aber mit den starken Hanglagen berechnet. Dieser Wert liegt bei 71,7 %.

Zu beachten ist, dass während der Messung die zulässige maximale Windgeschwindigkeit überschritten worden ist. Angesichts dessen ist der CC-Wert als gut einzustufen.

Messung des CC-Wertes am Pavillon

Es wurde eine Teilfläche der Rasenanlage am Pavillon nebst anschließendem Wandelgang untersucht. Die zu bewässernde Fläche hat eine quadratische Auslegung, wobei eine Ecke durch den Rundbau des Pavillons beschnitten wird. Dieser besonderen Herausforderung an die Planung und Installation von Beregnungsanlagen sollte mittels einer Gleichförmigkeitsüberprüfung besonderer Augenmerk gewidmet werden. Es wurde ein CC-Wert in Höhe von 62 % ermittelt. Auch hier wurden Flächen mittels 1804 Sprühdüsen und den eingesetzten VAN-Düsen überdurchschnittlich bewässert. Zu beachten ist auch hier, dass während der Messung die zulässige Windgeschwindigkeit überschritten worden ist.



Abbildung 14: Messung der Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung am Fürstenhof.

7.4 Dokumentation des Betriebs der Bewässerungsanlagen

7.4.1 Störungen auf den Versuchspartellen an der LWG

An der LWG traten in den Versuchsjahren immer wieder Störungen bei den unterschiedlichen Anlagen auf, wobei die Produkte aller Hersteller betroffen waren. Ein Zusammenhang von auftretenden Störungen mit dem Alter der eingebauten Anlagen auf dem Gelände der LWG ist nicht zu erkennen. Viele Schäden treten überraschend auf und sind überwiegend auf verschmutztes Wasser aus der eigenen Zisterne und die maroden Leitungen zurückzuführen. Zum Teil wurden die Wartungsintervalle, wie sie die „Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen“ der FLL fordern, nicht eingehalten. Zu kleine Schächte haben den Zugang zum Filter verhindert bzw. ließen einen wasserdichten Einbau nicht zu. Filter- und Druckminderbauteile zeigten fünf Jahre nach Einbau erste Verschleißerscheinungen. Ein häufig aufgetretenes Problem sind hängende Magnetventile, die sich meist nach mehrmaligem manuellen Öffnen und Schließen funktionstüchtig zeigten. Wiederholt mussten Mikrosprühdüsen auf Stativen ausgetauscht werden, die durch Pflege und Publikumsverkehr beschädigt wurden. Einwandfrei, bis auf zwei defekte Magnetspulen im Jahr 2011, funktionierten die Bewässerungsanlagen des Bewässerungsversuches aus dem Jahr 2005, da für diesen Gartenteil eine zusätzliche Vorfilterung des Wassers eingebaut ist und die Versuchspartellen abseits von Verkehrsflächen liegen. Die aufgetretenen Störungen sind der Tabelle 12 zu entnehmen (Tab. 12).

Je komplizierter die Technik, desto schwieriger war die Ursachenforschung bei Störungen. Fachpersonal wie Elektriker und Sanitärinstallateur mussten hinzugezogen werden.

Tabelle 12: Dokumentation der Schäden an den Bewässerungsanlagen der LWG.

Parzelle	Schaden	Datum	Beschreibung	Maßnahmen	erledigt am
15	Bodenfeuchtefühler defekt	15.06.08	Kondenswasser in Leuchtdioden, Kabel durch Pflege durchtrennt	Ersetzen des Bodenfeuchtefühlers (Garantiefall)	17.06.08
19-23	Wasseraustritt am Vorfilter	16.05.09	Undichter Wiedereinbau	Verschraubung nachgezogen	18.05.09
13	Kugelhahn in Ventilbox abgebrochen	16.05.09	Metallgriff beim Betätigen abgerissen	Kugelhahn ersetzt mit anderem Fabrikat (Ersatzteillager)	18.05.09
9	Ventilboxen stehen über Oberboden hinaus	16.05.09	Setzungen aufgetreten	Anfüllen und Anplanieren von Oberboden	18.05.09
13	Ventilboxen stehen über Oberboden hinaus	16.05.09	Setzungen aufgetreten	Anfüllen und Anplanieren von Oberboden	18.05.09
7-16	Schaden an Sommerleitung	19.06.09	Rohr in Bettungsschicht des Weges beschädigt	Aufgraben und Tieferlegung des Rohres	19.06.09
7-16	Wasseraustritt im Ventilkasten mit den vorgeschalteten Wasseruhren	19.06.09	Übergang, Verschraubung Metall der Wasseruhr zu Kunststoffrohr undicht	Verteilung neu erstellt. Berührt nur die Versuchstechnik und hängt nicht mit den Herstellern zusammen	19.06.09
15	Verschraubung am Druckminderer undicht	19.06.09	Nachträglich eingebauter Druckminderer (Messing) an Verschraubung (Kunststoff) undicht	Wiederholter Einbau mit Säubern der Dichtungsringe	19.06.09
11	Magnetventil undicht und öffnet nicht	19.06.09	Wasseraustritt am Magnetventil	Magnetspule nach gezogen, Ventil gesäubert	19.06.09
32	Wasserblase in Rasenfläche	30.06.09	Austretendes Wasser unterhalb der Rasenschicht, Undichtes Verbindungsstück im Leitungsrohr	Aufgraben, finden der Wasseraustrittsstelle, Neueindichtung der Verschraubung	30.06.09
N.N.	Sprühbild Maluswiese unbefriedigend, kaum Wasseraustritt an Sprühregnern	03.11.09	Messung, Ursachenforschung: zu wenig Druck auf Leitung	Erhöhen des Rohrdurchmessers und Austausch Druckminderer	bis Mai 2010
19-23	Keine Bewässerung	10.06.10	Hauptleitung vom Hochbehälter war noch nicht aufgedreht	Zuleitung oberhalb der Bewässerungsanlage geöffnet	15.06.10
19-23	Filterschacht unter Wasser	17.06.10	Vorhandenes Wasser quillt aus Filtertopf	Verschraubung nachgezogen, steht aber unter Spannung, zu kleiner Schacht	17.06.10
23	Leckage im Tropfrohr (Ringleitung)	17.06.10	Wasseraustritt aus Schlitz, Tropfrohr bei Pflege verletzt	Tropfleitung repariert mit 2 Fittings und Ersatzrohr	17.06.10
19	Leckage bei Baumbe-wässerung	21.06.10	Verletzung der Rohrleitung und Verschraubung zum Baumbe-wässerungsset wahrscheinlich durch Pflege	Defekte Zuleitung ausgetauscht (Ersatzteillager)	22.06.10
2-5	T-BOS SIM Programm kann auf Computer (Insellösung) nicht installiert werden, da neuer Code für neuen Computer fehlt	05.07.10	Aktivierungs-code für Software muss bei Computer-wechsel neu beantragt werden	Mitarbeiter bei Rainbird zunächst nicht erreichbar, dann Zusendung eines neuen Codes	26.07.10
21	Leckage im Tropfrohr	18.07.10	Wasseraustritt aus Schlitz, Tropfrohr bei Pflege verletzt	Tropfleitung repariert mit 2 Fittings und Ersatzrohr	10.07.10

Parzelle	Schaden	Datum	Beschreibung	Maßnahmen	erledigt am
14	Anlage läuft und Wasser im vorgeschalteten, zentralen Wasseruhrenschaft	21.07.10	Anlage läuft, obwohl nicht so programmiert, Wasserverlust, Oberflächen-abfluss in Wasseruhren-schacht	Scheinbar seit 2 Tagen durchgelaufen. Keine Erklärung. Abstellen und Überprüfung der Programmierung	21.07.10
N.N.	Filter Maluswiese total verstopft (Basketfilter)	03.08.10	Filter mit Sand und Schmutz zugesetzt	Filterreinigung und weitere Beobachtung (Vorfiltrung)	03.08.10
2-5	Modem am Computer wird nicht erkannt	02.08.10	Modemtreiber fehlt bzw. wird nicht erkannt	Zuständigkeit wechselt zwischen Rainbird und Händler vor Ort, dann Installation perfekt	06.09.10
2-5	Filter undicht	26.04.11	Unter Spannung stehendes PE-Rohr kann nicht dicht verschraubt werden	Neuer, größerer Filterschacht wird eingebaut (2 Arbeitskräfte, 2 Tage)	27.04.10
2-5	Undichtes T-Stück mit O-Ring bei Tropfschlauch	26.04.11	Verschraubung hat sich gelockert	Festziehen der Verbindung	27.04.11
2-5	„Kurzschluss“ Fehleranzeige evtl. durch manuellen Betrieb	26.04.11	Fehlermeldung	Überprüfung durch Elektriker und Neuprogrammierung	27.04.11
1	Mikrosprühdüsen defekt, Wasseraustritt	21.04.11	Beschädigung evtl. durch Pflege	Austausch der Stativdüsen	21.04.11
1	Heidegarten, Einwurzelung in Ventilkasten	21.04.11	Wurzeln in Ventilkasten eingedrungen, da nur Vlies und kein fester Boden im Schacht	Kein Schaden, Abtrennen der Wurzeln, um Folgeschäden zu vermeiden	21.04.11
1, 22	Heidegarten, Technikzentrum, Ameisen im Ventilkasten	21.04.11	Sandeintrag erschwert Zugang zu den Magnetventilen	Optischer Mangel, Aussaugen der Kästen	21.04.11
13	Magnetventil undicht	27.04.11	Magnetventil hängt bei Inbetriebnahme, Wasseraustritt	Reinigung, festziehen	27.04.11
2	Wasser tritt aus Verbindung am Tropfrohr	27.04.11	Schraubverbindung nicht festgezogen	Festziehen der Verschraubung	27.04.11
21	Tropfrohr am Hang funktioniert nicht, Magnetventil hängt	28.04.11	Fehlersuche, bis Verschmutzung im Magnetventil entdeckt	Säubern der Membran im Magnetventil	28.04.11
23	Sprühdüsen auf unterer Rasenfläche funktionieren nicht	12.05.11	Fehlersuche, bis Verschmutzung im Magnetventil entdeckt	Säubern der Membran im Magnetventil	13.05.11
13	Bewässerung funktioniert nicht	19.05.11	Magnetventil öffnet nicht, nur manuell	Batterie o.k., Steuergerät auch, Austausch der Magnetspulen der Ventile durch Fachbetrieb	23.05.11
2-5	„Volumen“ Alarmmeldung der T-BOS SIM Software	01.06.11	Durch manuelle Betätigung ausgelöst?	Löschen des Alarms und Neuprogrammierung. Schwierigkeit: Volumenanzeige des Wasserzählers nicht nachvollziehbar	
2-5	Anlage bewässert nicht	19.07.11	Stromversorgung unterbrochen	Bei Bauarbeiten Strom abgestellt und nicht angestellt	19.07.11

7.4.2 Wasserbereitstellung

Die Wasserbereitstellung ist hinsichtlich Qualität des Wassers, Leistung (Druck und Menge) und Leitungssystem zu überprüfen. Sie ist Grundlage für eine funktionierende Bewässerungsanlage. Wertvolle Hinweise liefern die „Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen“ der FLL.

Insbesondere Schmutzfrachten, Eisen und Kalk können zu Verstopfungen und Schädigungen führen. Für eine Filtration des Betriebswassers einer automatischen Bewässerungsanlage reichen in der Regel Siebfilter mit 125 Micron Maschenweite, d.h.120 U.S. mesh, aus (Abb. 15).



Abbildung 15: Verstopfte Scheibefilter durch das direkt aus dem Hochbehälter entnommene Wasser mit unzureichender Vorfiltration. Links der Scheibeneinsatz im gesäuberten Zustand.

Der hohe Kalkgehalt des Bewässerungswassers führte bisher zu keinen Betriebsstörungen bei den Tropfleitungen und Regnern. Eine Messung des Durchflusses der Tropfstellen nach drei Betriebsjahren ergab noch keine Abweichung von der Katalogangabe von 2,3 l/Stunde. Allerdings setzten sich unterschiedliche Absperrhähne zu den Bewässerungsanlagen fest. Diese sollten deshalb mindestens halbjährlich betätigt werden. Stabile Kunststoffausführungen scheinen aus derzeitiger Sicht Vorteile gegenüber Messingarmaturen zu besitzen. Von den Bewässerungsverfahren haben sich in der Praxis die Tropfrohre und Drehstrahlregner bewährt. Für kleinere Flächen empfehlen sich Sprühregner und Multistrahlnregner. Der Einbau als Versenkgrenner erlaubt ein Überfahren mit Pflegegeräten (Rasenmäher) und schützt vor Vandalismus. Der Einbau sollte Bodeneben erfolgen. Die Zuleitung darf dabei nicht unter Spannung stehen. Deshalb sind flexible Anschlussstücke trotz der erhöhten Kosten zu bevorzugen. Eine Sickerpackung um den Regner ist nicht zwingend erforderlich. Beim Wiederverfüllen des Installationsbereiches mit dem Boden muss auf ausreichende Verdichtung geachtet werden.

Bei Vegetationsflächen mit angrenzendem Publikums- bzw. Fahrzeugverkehr ist von Düsen auf Stativen abzuraten (Abb. 16).



Abbildung 16: Mikrosprüher, die auf einem Stativ über die Bodendeckerpflanzung hinausragen, sind anfällig für Vandalismus.

7.4.3 Störungen, die den Produkten der Hersteller geschuldet sind

Der Konkurrenzdruck unter den Herstellern von Bewässerungsanlagen führt zusammen mit dem noch lange nicht ausgeschöpften Innovationspotential zu frühzeitiger Produktfreigabe, ohne vorhergehende Testreihen. Undichte Filterdeckel und schwächelnde Federn in Druckminder-Bauteilen werden in der Regel von den Herstellern kostenlos ausgetauscht, jedoch entstehen dem Gärtner Arbeitskosten.

Als Beispiel sei die Maluswiese in der Abteilung Landespflege angeführt, die nicht im eigentlichen Versuchsprogramm lag. Bei der Druckmessung im November 2009 wurden starke Druckverluste festgestellt. Eine Reparatur bzw. Öffnen der Rohrverbindung war unumgänglich. Der statische Druck bei der Wasserverteilung im Ventilkasten schwankte zwischen 1,6-2,6 bar, bei einem Durchfluss von 45l/min. Am Wasserhahn in der Nähe wurde ein statischer Druck von 6,8 bar bei einem Durchfluss von 52l/min gemessen. Im Hauptschacht herrschte ein Druck von 7,2 bar (schwankend von 6,6-7,8 bar, Durchfluss 180l/min).

Die Reparatur erfolgt vor der Inbetriebnahme im Mai 2010. Als Ursache wurden meherer Faktoren ausfindig gemacht. Die Zuleitung war mit einem $\frac{3}{4}$ Zoll-Leitungsrohr mit hohen Druckverlusten verbunden. Zudem reduzierte ein defektes Druckminderbauteil den vorhanden Druck. Die Zuleitung wurde instandgesetzt.

Parallel auf den Markt eingeführte Softwareprodukte werden zum Teil nicht gleichmäßig unterstützt und auf den neuesten Stand gebracht. Darum gilt es die Leistungsfähigkeit der Hersteller und der installierenden Firmen sorgfältig anhand von Referenzen zu überprüfen. Die Aktualisierung und Unterstützung beim Einsatz der Steuerungs-Software muss gewährleistet sein (Hotline).

Nach einigen Anläufen konnte die, über ein PC-Modem gesteuerte, Bewässerungsanlage der Firma Rainbird im Zedernhain (Parzellen 2-5) in Betrieb gehen. Die Überwachung des Durchflusses mittels Impulsen des verkabelten Wasserzählers

funktioniert noch nicht. Die Unterstützung der Software durch die Firma ist mangelhaft, da sich der Support auf weiter verbreitete Programme, wie das in Bad Brückenau eingesetzte „Site Control“ richtet.

Erfreulicherweise kam es insgesamt zu wenigen Produktfehlern, die auf Materialermüdung oder Konstruktionsfehler zurückzuführen waren. Aus Beobachtung der Bewässerungsanlagen an der LWG kann die Haltbarkeitsdauer der Bauteile, Regner und Düsen aus Kunststoff mit mindestens 5 Jahren angegeben werden, sofern keine Beschädigungen von außen (Pflegegänge in der Vegetation) und Wartungsversäumnisse erfolgen.

7.4.4 Störungen, die dem Einbau, Betrieb und der Instandhaltung geschuldet sind

An der alten Versorgungsleitung vom Hochbehälter zu den Außenanlagen der LWG traten aus bisher unbekanntem Grund Schäden auf, so dass ganze Gartenteile vom Netz genommen werden mussten. Die Versuchsarbeit ruhte im Reparaturzeitraum. Ferner gab es einen Wasseraustritt aus der Sommerleitung der Abteilung Landespflege zum Bewässerungsversuch hin (Parzellen 7-16). Eine gewonnene Erkenntnis daraus ist, dass PE-HD Kunststoffleitungen nicht in der Bettungsschicht von Wegen verlegt werden sollten, da die Belastung zu Löchern führen kann (Abb. 17 bis 19).



Abbildung 17: Loch in der ca. 1 m tief liegenden Hauptleitung vom Hochbehälter zum Technikzentrum. Ursache ungeklärt.



Abbildung 18: Wasserschaden auf Weg (Abt. Landespflege)



Abbildung 19: unsachgemäße Verlegung 4 cm unterhalb des Pflasters

Ein weiterer Wasserschaden trat auf der Rasenfläche beim Pavillon am Teich (Parzelle 32) auf. Der genaue Zeitpunkt des Schadens konnte nicht ermittelt werden, da dieser zunächst nicht sichtbar war. Erst durch betreten der Rasenfläche wurde die Wasserblase entdeckt, die sich durch den Wasseraustritt aus einer undichten Leitungsverbindung unterhalb der dichten Rasendecke gebildet hatte. Warum sich die Verdichtung nach mehr als 6 Jahren Betriebsdauer im Untergrund gelockert hatte ist nicht nachzuvollziehen. Solche Schäden müssen bei öffentlichen Grünanlagen sofort entdeckt und ausgebessert werden. Hierfür gibt es bereits zuverlässige technische Lösungen für die öffentliche Hand. Zentralsteuerungen ermöglichen die Überwachung z. B. von der Verwaltung des Betriebshofes aus. Die Kommunikation kann dabei über Funk, Modem oder Standleitung erfolgen. Ein Zentralrechner mit Software oder ein Zugang zum Steuerungsprogramm im Internet sind erforderlich, um z. B. Leckagen über die Durchflussmengen elektronischer Wasserzähler aufzuspüren. Lange Fahrstrecken und Fahrzeiten und damit zusätzliche Arbeitskosten können somit vermieden werden.

Mit höchster Sorgfalt ist bei der Verbindung der Leitungsrohre vorzugehen. Die meist aus PE-HD bestehenden Rohrleitungen dürfen nicht unter Spannung verlegt werden. Deshalb sollte die Temperatur beim Einbau für biegsame Leitungen ausreichen. Die Schraubverbindungen bzw. Schnellkupplungen sind nach den Herstellerangaben festzuziehen. Eine Dichtigkeitsprüfung ist in jedem Fall vorzunehmen.



Abbildung 20: Undichte Rohrverbindung führte zunächst unbemerkt zu einer Wasserblase unter der Rasendecke (Parzelle 32).



Abbildung 21: Undichte Schraubverbindung beim Tropfrohr im Zedernhain (Parzelle 2).



Abbildung 22: Aus Bequemlichkeit sollte eine spatentiefe Verlegung der Rohrleitung in Vegetationsflächen nicht unterbleiben.

7.4.5 Arbeitszeit

Die Wartung der automatischen Bewässerungsanlagen im Jahr 2011 kostete die Mitarbeiter des Versuchsbetriebes der Abteilung Landespflege 174,75 Arbeitsstunden (Abb. 23). Der Betriebsleiter Johannes Öchsner bedauerte dabei besonders, dass dafür hochqualifiziertes Personal abgezogen werden musste. Rechnet man die Arbeitszeit auf die Größe der bewässerten Flächen um, so liegt der Wert für die per Hand bewässerten Grünflächen über dem der automatisch bewässerten (Tab. 13). Der vermeintlich geringe Unterschied liegt in der Vielzahl unterschiedlicher Systeme begründet, die den Studierenden der Fach- und Technikerschule zu Demonstrationszwecken dienen sollen. Jede Anlage ist anders aufgebaut und zu bedienen. Zudem rächen sich Planungsfehler z. B. beim Einbau eines Vorfilters am Technikzentrum, die zum Umbau von bestehenden Anlagen führten. Im Jahr 2011 wurde ein größerer Schacht für obengenannten Filter eingebaut, der eine Entnahme im Winter sowie den spannungsfreien und dichten Einbau im Frühjahr ermöglicht. Die Abnahme des Arbeitsaufwandes vom Jahr 2009 bis 2011 ist auf die Routine und Rationalisierung von Arbeitsprozessen zurückzuführen.

Tabelle 13: Vergleich des Arbeitsaufwandes in Minuten pro bewässerte Fläche an der LWG.

Bewässerung	Fläche	Arbeitszeit 2009 in Minuten/m ²	Arbeitszeit 2010 in Minuten/m ²	Arbeitszeit 2011 in Minuten/m ²
Vollautomatisch	5608,9 m ²	1,91	1,82	1,52
Manuell, halbautomatisch	11449,6 m ²	2,12	2,16	2,39

Die Anwendung in Gartenämtern und ganz allgemein bei der Grünflächenverwaltung in Kommunen setzt ein einheitliches Konzept voraus. Dies bedeutet, dass nur wenige unterschiedliche Systeme zum Einsatz kommen sollten (Bevorratung von Ersatzteilen, diverse Bedienungsanleitungen), die wenn möglich zentral gesteuert werden können. Die bisherige Praxis sieht meist so aus, dass ein Mitarbeiter sämtliche automatisch bewässerten Grünflächen anfährt, aussteigt und von Hand eine Umprogrammierung der Steuerung vornimmt. Eine Verbesserung in dieser Hinsicht stellt die Übertragung eines neuen Bewässerungsprogrammes mit Funk bzw. Infrarot dar. Das in der Feldbedienungseinheit (Handgerät) hinterlegte Programm wird auf ein Steuermodul in einem Ventilkasten übertragen und öffnet bzw. schließt die darin enthaltenen Magnetventile. Geschieht dies über Funk, so muss der Ventilkasten nicht geöffnet werden und die Neuprogrammierung erfolgt im „Vorbeifahren“. Noch rationeller ist die bereits beschriebene Zentralsteuerung, die das Garten- und Friedhofsamt der Stadt Aschaffenburg bei der Bewässerung der Sportanlagen einsetzt.

Die Firma D-S Beregnungsanlagen installierte ein modernes Tricom-Steuersystem der Firma TORO, mit Hilfe dessen die Überwachung und Bedienung der über das gesamte Stadtgebiet verstreuten Beregnungsanlagen erfolgt.

So können die Mitarbeiter des Garten- und Friedhofsamtes über jedes internetfähige Gerät, wie PC, Laptop, iPad, Smartphone und Handy alle Beregnungsanlagen überwachen und steuern. Bei Fehlfunktionen, etwa durch Vandalismus, schalten sich die Anlagen sofort selbsttätig ab und die Mitarbeiter werden umgehend per SMS und/oder e-mail informiert.

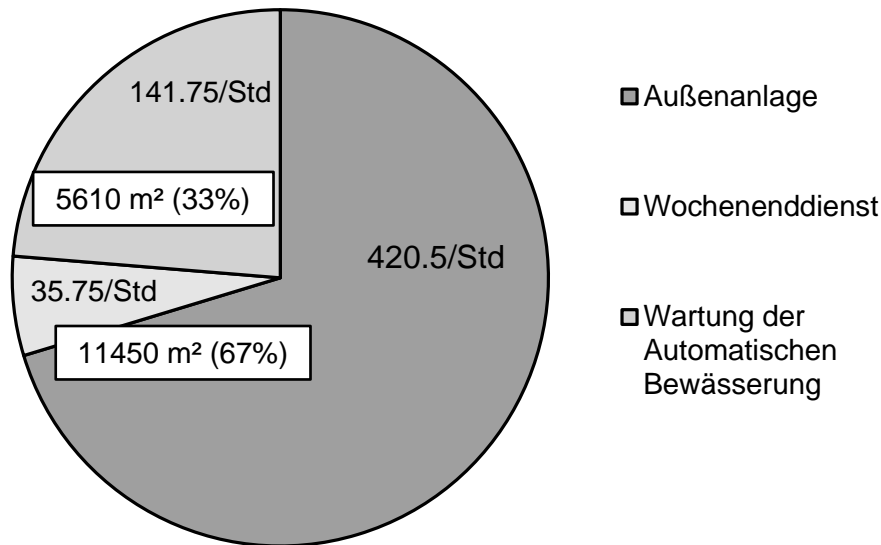


Abbildung 23: Bewässerungszeiten für die Grünflächen der LWG im Jahr 2011 nach Verfahren und Flächengröße. Die Bewässerung beim Wochenenddienst erfolgt wie in den Außenanlagen manuell.

7.5 Bayerisches Staatsbad Bad Brückenau

Der Kurpark des Bayerischen Staatsbades Bad Brückenau liegt in der bayerischen Rhön in einem Gebiet mit Jahresniederschlägen von durchschnittlich 900 l/m²/Jahr. Um die repräsentativen Außenanlagen auch in vorsommerlichen Trockenperioden zu erhalten entschloss sich die Kurverwaltung zum Einbau einer automatischen Bewässerungsanlage.

Die Wasserversorgung erfolgt über eine Grundfos-Wasserversorgungsanlage mit zwei Pumpen aus den vorhandenen Brunnen mit einer Schüttung von bis zu 12 m³ pro Stunde. Für die Erschließung wurden eine Hauptleitung aus PE-HD 63 x 5,8 / PN 12,5 von 850 m und 1900 m Steuerkabel verlegt. Die 28 Ventilkästen werden über Decoder angesteuert. Digitalisierte Befehle werden direkt über diese Schaltstationen an die Ventile weitergegeben. Durch die eindeutige Adressierung können auch Diagnosen erstellt werden und das ganze System ist später offen für Erweiterungen. Die Firma Stock aus Mommenheim bei Mainz verbaute Produkte der Firma Rainbird. Die Software „Site Control“ erlaubt es, Bewässerungskreise je nach verfügbarer Wassermenge zusammenzufassen und die Bewässerungszeiten zu minimieren. Innerhalb von drei Monaten wurden in der drei Hektar großen Anlage 2200 m druckkompensiertes Tropfrohr, 260 Versenkdüsen 1804-SAM, 160 Versenkgrenner 3504-PC-SAM und 140 Versenkgrenner 5004 PL-PC verbaut (Bild 24 und 25).



Abbildung 24: Einbau der Rohrleitung mit den Stichen zu den einzelnen Drehstrahlregnern. Im Bild: Steinhäufen, die einen Nachtrag zu den Erdarbeiten rechtfertigen.



Abbildung 25: Sauberes Arbeiten während des Kurbetriebes, hier am Fürstenhof, wurde vom Unternehmen gefordert und erfüllt. Die nassen Witterungsbedingungen behinderten den Baufortschritt.

Durch konsequente Projektüberwachung, Teilrechnungen alle zwei Wochen und Kostenkontrolle durch die Kurverwaltung wurde die ursprüngliche Angebotssumme von ca. 200.000 € nicht überschritten. Gerade in einem Kurpark mit Einzugsgebiet der Heilquellen, können Arbeiten nicht mit dem üblichen Maschineneinsatz und zu allen Tageszeiten erledigt werden. Ein kleiner Nachtrag wurde aufgrund des sehr steinigen Bodens bei der Erstellung der Leitungsgräben im Abschnitt um den Kursaal

nötig. Bei Ausschreibungen ist die Angabe der Bodenklasse nach DIN 18300 verpflichtend. In der Praxis werden sich, gerade auf weitläufigem Gelände, unterschiedliche Bodenverhältnisse vorfinden, auf die es dann zu reagieren gilt.

Eine erste Rücksprache mit den zuständigen Gärtnern ergab eine sehr positive Einschätzung, wenngleich der Aufwand zur Einarbeitung in die Computersteuerung sehr hoch ist. Mit der zusätzlichen Bewässerung verlängerte sich die Vegetationszeit für die Wechselbepflanzung. Im trockenen Frühjahr 2011 konnten auch die steilen Rasenschanzen am Fürstenhof grün gehalten werden (Abb. 26). Die Erdarbeiten für die Leitungsgräben waren nach der Ansaat nach 6 Wochen kaum mehr sichtbar. Der störende optische Eindruck der Tropfleitungen in der Wechsellpflanzung wurde durch Eingraben der Leitungen um 5 cm behoben.



Abbildung 26: Die Getrieberegner auf den Rasenschanzen am Fürstenhof erreichten durch gute Planung einen CC-Wert von 60 % bei stark böigem Wind.

Die Planung aus dem Hause Stock musste eine zentralgesteuerte Bewässerungsanlage realisieren, deren Preis-Leistungsverhältnis für den Haushalt der Kurverwaltung tragbar war. Dies bedeutete wenig Abstriche bei der Qualität der Wasserverteilung bei gleichzeitiger Einhaltung der Kostenobergrenze.

Ausgehend von der Pumpstation, um die Wassermenge für die Drehstrahlregner bei ausreichendem Druck zu gewährleisten, konnten nur Einsparungen bei der Steuerungstechnik oder der Anzahl der Regner gemacht werden. Die Zentralsteuerung über Dekoder sollte wegen der Erweiterungs- und Überwachungsmöglichkeiten auf jeden Fall realisiert werden. In einigen Bereichen, z.B. oberhalb der Rasenschanzen am Fürstenhof und der verwinkelten Situation am Wandelgang, wurden dann bei der flächendeckenden Wasserverteilung ein Kompromiss durch Einsparung von Regnern eingegangen. Eine flächenscharfe Bewässerung, bei notwendiger exakter Kopf-zu-Kopf-Anordnung aufgrund der Wasserverteilungskurven der Regner, war dann nicht mehr möglich (Abb. 27).



Abbildung 27: Bewässerungsplanung für den Kurpark des Bayerischen Staatsbades Bad Brückenau. Die exakte Platzierung der Regner muss immer mit den tatsächlichen örtlichen Gegebenheiten beim Einbau vorgenommen werden.

8. Handlungsempfehlungen für die Praxis

Die automatische Bewässerung öffentlicher Grünflächen spart vor allem Arbeitszeit und versorgt die Pflanzen optimal und zuverlässig mit Wasser. Aufgetretene Störungen entstehen meist durch Planungsfehler, unsachgemäßen Einbau und unzureichende Wartung. Vor Vandalismus und Materialermüdung bleibt kein Hersteller von Bewässerungsprodukten verschont.

Das Wasserhaushaltsgesetz verpflichtet bei der Bewässerung öffentlicher Grünflächen zum sparsamen Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser.

Ziel muss es sein, einer vitalen Pflanzung eine überlebensfähige Bewässerung zu garantieren. Dann profitiert die Bevölkerung von der Kühlung durch Verdunstung, Verschattung, reduzierter Aufheizung der Umgebung, Sauerstoffproduktion und der Staubfilterung.

Ein wassersparendes Bewässerungsverfahren mit einer bedienerfreundlichen Steuerung sollte eingesetzt werden.

Eine Entscheidung für automatische Bewässerungsanlagen muss unter anderem folgendes berücksichtigen:

- Detaillierte Bestandserhebung durchführen
- Anforderungen der Nutzer in einer Leistungsbeschreibung niederlegen, die Vertragsbestandteil zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer wird
- Wasserbereitstellung (Qualität, Druck, Menge) sicherstellen
- Hinzuziehen von Fachplanern und Fachfirmen
- Leistungsfähigkeit der Planer und Ausführenden durch Referenzen überprüfen
- Robuste und auf Vegetation abgestimmte Bewässerungsverfahren einplanen
- Zugänglichkeit der Wartungseinrichtungen schon bei der Planung gewährleisten, Schutz vor Unbefugten
- Einsatz von Sensortechnik und Überlappung der Regner, um Wasser einzusparen, Einsatz von Tropfrohren
- Verpflichtung der Firmen zu Service und Produktunterstützung über Einbau hinaus
- konsequente Projektüberwachung, Teilabnahmen, Teilrechnungen und Kostenkontrolle beim Einbau
- förmliche Abnahme, Übergabe Bestandsplan, Beschriftung z.B. der Magnetventile, Einweisung des Gärtnerpersonals
- Hohes technisches Fachwissen der eigenen Mitarbeiter
- Akzeptanz bei den eigenen Mitarbeitern
- Einhaltung der Wartungsintervalle nach den Empfehlungen der FLL
- Stellvertreterregelung für die Instandhaltung
- Gegebenenfalls Fremdvergabe der Instandhaltung an Bewässerungsdienstleister, Fernwartung der Steuerungssoftware.

8.1 Besondere Anforderungen im öffentlichen Grün

Im Gegensatz zum Hausgarten liegen die zu bewässernden Flächen im öffentlichen Grün meist weit auseinander. Eine zuverlässige Wasser- und Stromversorgung ist oft nicht gegeben und ein hoher Nutzerdruck liegt auf den Vegetationsflächen bzw. dem mobilen Grün.

Aus den bisherigen Erfahrungen des Forschungsprojektes an der LWG kommen für die Überwachung und Steuerung nur Zentralsteuerungen in Betracht. Der Betreuer der Außenanlagen muss von seinem Büro aus die auszubringende Wassermenge einstellen können und Störungen sofort angezeigt bekommen. Dies ist über eine Verkabelung über Dekoder, Funk oder über Mobiltelefonie und Internet zu erreichen.

Leckagen können über die Durchflussmengen elektronischer Wasserzähler aufgespürt werden. Lange Fahrstrecken und Fahrzeiten und damit zusätzliche Arbeitskosten werden vermieden.

8.2 Planung

Mit der Planung von Bewässerungsanlagen sollten Fachleute beauftragt werden. Hierzu zählen Landschaftsarchitekten, die sich auf die Hydraulik und die Planung von Wasseranlagen spezialisiert haben.

Ebenfalls unabhängig von den Herstellern von Bewässerungsprodukten bieten Ingenieur- und Planungsbüros für Bewässerungstechnik ihre Dienstleistungen an. Fachbetriebe des Garten- und Landschaftsbaus arbeiten meist mit einem Hersteller ihres Vertrauens zusammen, planen zum Teil die Anlagen selbst und können auf das Know-how der Hersteller bzw. ihrer Kompetenzzentren und Großhändler zurückgreifen.

Die Größe des Vorhabens bestimmt die Vergabeart nach der Vergabeordnung für Bauleistungen.

8.3 Grundlagenermittlung und Planungsgrundsätze

Die Messung des dynamischen Fließdrucks ist Grundlage für eine erfolgreiche Planung. Die Überprüfung sollte zu unterschiedlichen Tageszeiten stattfinden und zusätzliche Verbraucher am Leistungsnetz berücksichtigen.

Aus ästhetischen Gründen darf der Zugang zu den Wartungseinrichtungen (Ventilkästen) nicht erschwert werden.

Es sind Absperrhähne einzuplanen, um Teile der Anlage später abstellen zu können. Ebenso sind Entleerungseinrichtungen einzuplanen, die die Bewässerungsanlage winterfest machen.

Eine Erweiterung der Anlage in der Zukunft erfordert eine großzügige Dimensionierung der Leitungsrohre, Leerrohre für die Verkabelung und eine modular erweiterbare Steuerung.

Die Wahl des Bewässerungsverfahrens berücksichtigt die Vegetation, Standort und äußere Umwelteinflüsse (siehe FLL). Von Mikroregnern auf Stativen ist im öffentlichen Bereich abzuraten.

Zur sparsamen Wasserausbringung ist der Einsatz von Sensortechnik erforderlich, die geschützt und diebstahlsicher eingebaut werden muss. Anpassungen an die Witterung sollten ohne Aufsuchen eines Steuergerätes vor Ort möglich sein bzw. selbständig von Sensoren vorgenommen werden.

Eine professionelle Planung sollte den rechnerischen Nachweis führen, dass der in den Empfehlungen der FLL geforderte CC-Wert von 75 % eingehalten wird. Bei der späteren Abnahme kann je nach Standortbedingungen ein Wert von 60 % für durchschnittliche Grünflächen akzeptabel sein. Die Anforderungen sind in der Leistungsbeschreibung festzulegen.

8.4 Einbau

Es ist ratsam die Ausführung an erfahrene Firmen zu übertragen, die auch nach der Installation greifbar sind und über die nötige Personalausstattung mit Fachleuten verfügen. Ein fachgerechter Einbau sollte dann selbstverständlich sein.

Eine unauffällige Installation, z.B. von Versenkregnern und abgemulchte Tropfschläuche sowie verschließbare Ventilkästen machen die Anlagen weniger anfällig für Vandalismus.

8.5 Abnahme

Eine förmliche Abnahme sollte durch eine genaue Einweisung der Bediener ergänzt werden. Die vollständigen Bedienungsanleitungen und neu erstellten Bestandspläne sind zu übergeben. Magnetventile, Verteiler und Kabel müssen dauerhaft beschriftet sein.

Die Ersatzteilbeschaffung, Service und Wartung der Software sollten gesichert sein.

8.6 Instandhaltung

Für das Betreiben der Bewässerungsanlagen ist qualifiziertes und technisch interessiertes Personal erforderlich. Bei den Gärtnern muss um Akzeptanz geworben werden. Eine Stellvertreterregelung mit geschultem Personal ist unverzichtbar. Der Erfolg wird entscheidend durch den Service der beteiligten Hersteller und Fachfirmen beeinflusst.

Auf die Einhaltung und Dokumentation der Wartungsintervalle ist zu achten. Hierzu gehört unter anderem das Betätigen der Absperrhähne, Reinigen der Filter, Einstellen der Düsen, Überwachung des Wasserverbrauches, Freischneiden der Regner. Eine Übersicht über die Inspektions- und Wartungsarbeiten enthalten die Empfehlungen der FLL.

Die Beobachtungen seit dem Jahr 2008 haben gezeigt, dass die automatischen Bewässerungssysteme bei fachgerechter Installation tadellos funktionieren.

Die heutige Technik erlaubt zuverlässige Anlagen ohne hohe Folgekosten. Zentral gesteuerte Anlagen machen weniger Arbeit und sparen Zeit. Städte, Gemeinden und Gewerbe können mit repräsentativem Grün werben.

9. Ausblick

Durch die Baumaßnahmen an der LWG, insbesondere durch das Verlegen eines Starkstromkabels, wurden die Versuchsflächen am Wohnheim, Volleyballfeld und vor dem Gartenbaugebäude zerstört. Das Ziel einer optimalen Bewässerung konnte nicht mehr verfolgt werden. Hierdurch ergibt sich aber auch die Möglichkeit eine Bewässerungsanlage mit Zentralsteuerung neu einzubauen, gemäß dem Referenzobjekt am Stadtgartenamt Aschaffenburg. Dort wird eine internetbasierte Steuerung für die Sportplätze eingesetzt. Zustand und Wasserverbrauch der Anlage kann über eine Internetplattform vom Büro aus oder per Smartphone abgerufen werden. Eine bedarfsgerechte Anpassung der Wassergabe ist somit ohne Aufsuchen der Vegetationsfläche möglich. Wie die letzten Versuchsjahre zeigten, ist nur die „Fernsteuerung“ eine praktikable Lösung für die weit auseinanderliegenden Grünflächen der öffentlichen Hand.

Eine Alternative stellt eine autarke Einzellösung dar, die mit Hilfe einer Wetterstation die Anpassung der Wassergaben selbst vornimmt. Diese Anlage existiert bereits am Technikzentrum der LWG in Form einer ET-(Evapotranspirations)-Steuerung. Durch regelmäßige Bonitur des Visuellen Eindrucks und der Vitalität der angeschlossenen neuen Vegetationsflächen wurde eine Überbewässerung der Rasenflächen deutlich. Im Rahmen des Forschungsprojektes müssen die Eingaben im Steuergerät für die Exposition sowie Bodenart überprüft und angepasst werden.

Im bayerischen Staatsbad Bad Brückenau wird die zentralgesteuerte Bewässerungsanlage immer noch mit der Grundeinstellung nach dem Einbau betrieben. Eine Anpassung an den tatsächlichen Wasserbedarf erfolgt nur durch das Ein- und Ausschalten der Anlage. Die Steuerung durch die zuständigen Gärtner über den „grünen Daumen“ funktioniert, ist aber nicht auf Wasserersparnis ausgelegt. Ein erster Schritt zur Optimierung wurde durch die Messung der Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung im September 2011 gemacht. Durch Bodenanalyse und Bestimmung der Feldkapazität soll die bedarfsgerechte Wassergabe bestimmt werden. Zusammen mit der geplanten Bonitur des Visuellen Eindrucks und der Vitalität der Vegetation sollen Bewässerungsempfehlungen ausgesprochen werden.

Danksagung

Vielen Dank für die gute Zusammenarbeit und Diskussionsbereitschaft gilt zunächst den Herstellern der Bewässerungsanlagen:

- Firma Jürgen Herrmannsdörfer, Decker Garten + Technik, Würzburg
- Firma Udo Lermann GmbH & Co.KG, Marktheidenfeld
- Firma Steinbrecher, Würzburg
- Firma Stock GmbH, Mommenheim

Des Weiteren möchten wir uns bei der Staatlichen Kurverwaltung des Bayerischen Staatsbades Bad Brückenau, Frau Kurdirektorin Schallenkammer und Herrn stellv. Kurdirektor Tesar, für die offene Zusammenarbeit bedanken. Herzlichen Dank auch an den Leiter der Kurgärtnerei, Herrn Hildmann.

Nicht zuletzt möchten wir uns für die hohe Einsatzbereitschaft des Betriebes der Abt. Landespflege bei der oft sehr komplizierten Durchführung der Versuchsarbeiten bedanken.

10. Literatur

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL (Hrsg.): LfL-Information, Bewässerung im Ackerbau und in gärtnerischen Freilandkulturen. Freising. 2008.
- DIN-Taschenbuch 187 (2007): Bewässerung, Entwässerung. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 12484-5 (12/2002): Bewässerungsverfahren, Automatische Rasenbewässerungssysteme, Teil 5: Prüfverfahren. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 13635 (12/2001): Bewässerungsverfahren - Lokale Bewässerungssysteme –Terminologie und Angaben des Herstellers; Deutsche Fassung. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 18035-2: (06/2003): Sportplätze Teil 2: Bewässerung. Beuth Verlag, Berlin.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL): Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen. 2010.
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, Wasserhaushaltsgesetz (WHG) gültig ab 14.10.2011
- Hageneder, F. M. (2010): Optimierung der Bewässerungssteuerung für den Freilandgemüseanbau im Knoblauchland und Niederbayern, Zwischenbericht 2010. LWG Veitshöchheim, Fürth.
- Kolb, W. (1991): Bewässerung von Rasenflächen – Deutscher Gartenbau 44/1991, S. 2785-2786.
- ÖWAV (2003): Empfehlungen für Bewässerungswasser. 2., überarb. Aufl. Arbeitsbehelf Nr. 11. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- Paschold, P.-J. (Hrsg.) (2010): Bewässerung im Gartenbau. ISBN 978-3-8001-4774-8.
- Roth-Kleyer, St., 2007: Erderwärmung und Bewässerung im GaLaBau. Neue Landschaft, 52. Jg, H. 2, 54 – 59.
- Schönfeld, Dr. Ph. (1991): Untersuchungen zur Dürresistenz von bodendeckenden Gehölzen und Stauden in Hinsicht auf deren Verwendung an extremen Standorten. Westarp Wissenschaftenverlagsgesellschaft, Hohenwarsleben.
- Schöniger, M., Dietrich, J. (2010): Hydrologie. 2010 (www.hydroskript.de)

Eigene Veröffentlichungen

- Kendzia, N. (2008): Ein Fass ohne Boden? Die Bewässerung öffentlicher Grünflächen. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege 115/08, S. 77-85
- Kendzia, N. (2008): Automatische Hausgartenbewässerung bewährt sich. Taspo 31/08, S. 23
- Kendzia, N. (2008): Ein Fass ohne Boden? Die Bewässerung öffentlicher Grünflächen. Beschaffungsdienst GALABAU 4-08, S. 10-17
- Kendzia, N. (2008): Effiziente Bewässerung öffentlicher Grünflächen - Ein Überblick. Neue Landschaft 8/08, S. 63-66
- Kendzia, N.; Roth-Kleyer, S. (2008): Tropfschläuche mit Innenleben. Der Unterschied liegt im Detail. Neue Landschaft 5/08, S. 48-52
- Kendzia, N. (09/2009): Bewässerungsanlagen – Unterschiedliche Anlagentypen und Verfahren der Wasserausbringung und -verteilung nach DIN 19655. Tagungsband Fachtagung Bewässerung der FLL am 30.09.2009
- Kendzia, N. (2010): Der Weg der Tropfen FLL-Tagungsband Forschungsforum am 4.2.2010
- Kendzia, N. (2012): Dass zum Zwecke Wasser fließe ...- Bewässerung von Grünflächen. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege 156/12, S. 71-78
- Kendzia, N. (2012): Dass zum Zwecke Wasser fließe - Bewässerung von Grünflächen. Beschaffungsdienst GaLaBau 3/2012, S. 8-12

Ausgewählte Vorträge

- Kendzia, N.: Ein Fass ohne Boden - Die Bewässerung öffentlicher Grünflächen. 40. Veitshöchheimer Landespflege-
tag. 20.02.08
- Kendzia, N.: Moderne Bewässerungstechniken im Hausgarten. Gartenpflegerausbildung der Gartenakademie,
Freising.12.07.08
- Kendzia, N.: Moderne Bewässerungstechniken im Hausgarten. Gartenpflegerausbildung der Gartenakademie,
Veitshöchheim. 25.09.08, 17.09.09.
- Kendzia, N.: Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im
urbanen Raum. Vorstellung der Klimaprojekte der LWG im StMELF, München. 01.12.09
- Kendzia, N.: Bewässerung im Kleingarten – Reaktionen auf den Klimawandel. Klimatag für Freizeitgärtner der
Gartenakademie. 13.07.10
- Kendzia, N.: Klimaänderung – Wassermanagement im Hausgarten. Gartenpflegerausbildung der Gartenakade-
mie, Veitshöchheim. 23.09.11
- Kendzia, N.: Seminar „Bewässerung“ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Bautechnik und Naturge-
fahren, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau. 5./6.11.2009

Mitwirkung in Fachgremien

- Regelwerksausschuss „Bewässerung“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
(FLL): Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegeta-
tionsflächen. 2010.

Führungen

- 04.05.2010 Französische Besuchergruppe Bewässerungsversuche der Abteilung Landespflege

Fernsehsendungen

- Bayerischer Rundfunk, Querbeet 27.07.2009: Wasser sparen – Versuchsergebnisse aus Veitshöchheim
- Norddeutscher Rundfunk, ARD Ratgeber Technik 09.07.2011: Automatische Bewässerungsanlagen für den
Hausgarten

Informationen:

- www.benjaakow.de
www.ecorain.eu
www.gardena.com
www.hunterindustries.com
www.ibw-thon.com
www.irrigation.org
www.kresko.de
www.microirrigationforum.com/
www.netafim.de
www.parga-online.de
www.rainbird.de
www.rainpro.de
www.toro.com

11. Anhang

Anhang 1: Bilder der Versuchspartellen



Abbildung 28: Heidegarten (Parzelle 1)



Abbildung 29: Zedernhain (Parzellen 2-5)



Abbildung 30: Japangarten (Parzelle 6)



Abbildung 31: Bewässerungsversuch (Parzellen 7-16)



Abbildung 32: Zeder 'Main' (Parzelle 17)



Abbildung 33: Maluswiese (ohne Parzellenummer)



Abbildung 34: Technikzentrum (Parzellen 19-23)



Abbildung 35: Lindenwiese (Parzelle 24)



Abbildung 36: Rasen vor Eingang Schule (Parzelle 25)



Abbildung 37: Volleyballfeld



**Abbildung 38: Hang oberhalb Bienenhaus
(Parzellen 28-31)**

Anhang 2: Messprotokolle der Gleichförmigkeit der Wasserausbringung

Parzelle 10: Bewässerungsversuch Parzelle 2, Rasen, Fabrikat Toro

Die Fläche ist 38 m² groß. Sie ist absonnig exponiert. Die Windgeschwindigkeit bei der CU Messung betrug 0,1m/s. Die Fläche ist aufgeteilt in Staudenflächen und Rasenflächen. Bei der CU-Wert-Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Wasserausbringung mit Versenkdüsen 570, Düse Serie 15 (90⁰) Durchfluss: 0,22 m³/h.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch für die gesamte Parzelle im Jahr 2009 betrug 600 Liter.

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung: 010,1

Ende der Messung: 049,0

Wasserverbrauch: 0,389 m³

Wasserverbrauch in 1h: 0,778 m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 6,8 bar

Fließdruck am Regner 1,5 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,3

Temp.: 11,1°C

Neigung: 9,5 %

Rastergröße 1,0m

Messwerte pro 60 Min.

32	14	26	16	34
28	13	30	16	12
24	38	32	22	32
23	34	30	12	18
6	6	20	36	17
			22	3

Minimalwert: 3

Maximalwert: 38

Mittelwert (m): 22,1

Anzahl: 27

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 9,43

CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **62,4**

DU = 100 (mLQ / m): **42,7**

SC = m / m[p%]: **7:21** m 2%:

7:21 m 5%:

4:24 m 10%

Parzelle 12: Bew.versuch Parzelle 3, Rasen, Fabrikat Hunter

Die Fläche ist 38 m² groß. Sie ist absonnig exponiert. Die Windgeschwindigkeit bei der CU Messung betrug 0,1m/s. Die Fläche ist aufgeteilt in Staudenflächen und Rasenflächen. Bei der CU Wert Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Wasserausbringung mit Versenkdüsengehäuse Inst-04, Düse S 15 A, Durchfluss: 0,21 m³/h.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 15 Min

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch für die gesamte Parzelle im Jahr 2009 betrug 1922 Liter.

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung: 038,2

Ende der Messung: 113,2

Wasserverbrauch: 0,749 m³ Wert überprüfen!

Wasserverbrauch in 1h: 1,498 m³ Durchfluss nochmals überprüfen!

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 6,8 bar

Fließdruck am Regner 1,5 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,3

Temp.: 11,1°C

Neigung: 9,5%

Rastergröße 1,0m

Messwerte pro 60 Min.

96	26	14	10	10
16	52	36	16	18
20	40	28	28	16
24	44	40	36	14
14	24	38	28	8
			4	8

Minimalwert: 4

Maximalwert: 96

Mittelwert (m): 26,2

Anzahl: 27

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 9,71

CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **49,8**

DU = 100 (mLQ / m): **37**

SC = m / m[p%]: **6:33** m 2%:

6:33 m 5%:

3:56 m 10%

Parzelle 14: Bew.versuch Parzelle 4, Rasen, Fabrikat Rainbird

Die Fläche ist 38 m² groß. Sie ist absonnig exponiert. Die Windgeschwindigkeit bei der CU Messung betrug 0,1m/s. Die Fläche ist aufgeteilt in Staudenflächen und Rasenflächen. Bei der CU Wert Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Wasserausbringung mit Versenkdüsengehäuse 1804-SAM-PRS, Düse 15 VAN, Durchfluss: 0,21 m³/h.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 15 Min

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch für die gesamte Parzelle im Jahr 2009 betrug 1794 Liter.

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 041,1

Ende der Messung: 054,5

Wasserverbrauch: 1,34 m³

Wasserverbrauch in 1h: 2,68m³

Wert überprüfen!

Durchfluss nochmals überprüfen!

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 6,8 bar

Fließdruck am Regner 2,1 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,3

Temp.: 11,1°C

Neigung: 9,5%

Rastergröße 1,0m

Messwerte pro 60 Min.

28	36	28	18
36	72	54	48
36	72	100	74
42	90	84	88
14	38	52	94
			20

Parzelle 16: Bew.versuch Parzelle 5, Rasen, Fabrikat Gardena

Die Fläche ist 38 m² groß. Sie ist absonnig exponiert. Die Windgeschwindigkeit bei der CU Messung betrug 0,1m/s. Die Fläche ist aufgeteilt in Staudenflächen und Rasenflächen. Bei der CU Wert Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Wasserausbringung mit Versenkdüsen PRO 100, Durchfluss: keine Angabe des Herstellers.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 15 Min

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch für die gesamte Parzelle im Jahr 2009 betrug 1405 Liter.

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 044,2

Ende der Messung: 094,7

Wasserverbrauch: 0,505 m³ Wert überprüfen!

Wasserverbrauch in 1h: 2,02 m³ Durchfluss nochmals überprüfen!

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 6,8 bar

Fließdruck am MV: 3,1 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,3

Temp.: 11,1°C

Neigung: 9,5%

Rastergröße 1,0m

Messwerte pro 60 Min.

10	8	30	52	24
14	44	46	100	36
36	44	84	48	56
44	38	60	40	60
18	26	28	36	60
			34	32

Minimalwert: 8

Maximalwert: 100

Mittelwert (m): 41

Anzahl: 27

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 18,3

CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **62,9**

DU = 100 (mLQ / m): **44,6**

SC = m / m[p%]: **5:07** m 2%:

5:07 m 5%:

3:50 m 10%

Technikzentrum Parzelle 19: Technik 1 Getrieberegner

Messwerte

2	3	3	6	5			
3,5	4	4	4,5	5	5	4	6,5
2,5	4,5	4	5,5	6	5	3	0,5
2	5,5	6	7	6,5	6,5	9,5	1
2	5,5	7	6	8	7	9,5	1
1,5	6	7,5	8,5	6,5	6	4	0,5
2	5,5	6,5	7,5	8	9,5	6	3,5
1,5	3,5	3	7	8	9	8	5
1,5	1,5	3	6,5	7,5	8	7,5	3,5
14	1	3,5	5,5	6,5	8,5	7,5	3
3	3,5	6	6	6,5	7	5,5	2,5
4,5	7	7,5	8,5	7,5	5,5	4,5	1
5,5	7,5	9,5	9,5	9,5	7	4,5	3,5
5	7,5	9,5	10	8,5	7,5	4,5	2,5
4,5	7,5	9	9,5	9	7,5	5,5	4
3,5	5,5	6	8	7,5	7	5,5	2,5
1,5	2,5	4	6	7	6,5	5	4
15	0,5	1	2	1,5	2,5	2,5	2

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 488,09

Ende der Messung: 489,50

Wasserverbrauch: 1,41 m³

Wasserverbrauch in 1h: 2,82m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,5 bar

Fließdruck am MV: 3,9 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,3, min.: 0,0, max.: 0,7

Temp.: 8,1°C

Neigung: 1,8%

Rastergröße 1,0m

Regner alle Hunter:

- 12 PGJ Rotator 2,0, 180°S
- 13 PGJ Rotator 2,0, 180°S
- 14 PGJ Rotator 2,0, 180°S
- 15 PGJ Rotator 2,0, 90°S
- 16 PGJ Rotator 2,0, 180°S
- 17 PGJ Rotator 2,0, 180°S

Messwerte pro 60 Min

8	6	6	12	10			
7	8	8	9	10	10	8	13
5	9	8	11	12	10	6	1
4	11	12	14	13	13	19	2
4	11	14	12	16	14	19	2
3	12	15	17	13	12	8	1
4	11	13	15	16	19	12	7
3	7	6	14	16	18	16	10
3	3	6	13	15	16	15	7
	2	7	11	13	17	15	6
6	7	12	12	13	14	11	5
9	14	15	17	15	11	9	2
11	15	19	19	19	14	9	7
10	15	19	20	17	15	9	5
9	15	18	19	18	15	11	8
7	11	12	16	15	14	11	5
3	5	8	12	14	13	10	8
	1	2	4	3	5	5	4

Minimalwert: 1

Maximalwert: 20

Mittelwert (m): 10,55

Anzahl: 139

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 3,971

CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **60,4**

DU = 100 (mLQ / m): **37,66**

SC = m / m[p%]: **10:32** m 2%:

6:42 m 5%:

4:45 m 10%

**Teilfläche Technikzentrum
„Kleine Rasenfläche Mitte“
(Teil von Parzelle 20, Technik 2
Rotatordüsen)**

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 60 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 485,34

Ende der Messung: 488,09

Wasserverbrauch: 2,75 m³

Wasserverbrauch in 1h: 2,75m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,5 bar

Fließdruck am MV: 4,4 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,4, min.: 0,0, max.: 0,7

Temp.: 6,3°C

Neigung: 10,5%

Rastergröße 0,5m

Regner alle Hunter:

8 MP 2000 Rotator 28°A, 180°S

10 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S

11 MP 2000 Rotator 29°A, 180°S

12 MP 2000 Rotator 28°A, 180°S

8	6	8	9	13	16,5	10,5	
8	3	7,5	13	9	12,5	12	8
	5	10	15	11	11	10,5	7
	6,5	8	12,5	10	10,5	11,5	4
	7	14	12	10,5	12,5	8	2
	8,5	14,5	11	11	13	7,5	●
	12,5	17	16	12	11	13	
	7,5	7,5	14				
	3	2,5	5	11			
●	10	2	5,5	11,5			
	6,5	7,5	10				
	4,25	10,3	10				
	6,5	4	6				
	3	5	4	8,5			
	3	3,5	3	8,5			
	12,5	1	1,5	6			
	2,5	3	3	3,5			
●	11	5	4	4	7		
	11	10	7	11			
	12,5	14	17	13	13,5		
	14	16	17	22	13		
	12,5	13	12,5	21	16,5		
	2,5	4	9	15	16,5		
	5	4	7	12,5	16		
	2,5	8	8	8,5	15	15	
	5	8	9	10	14,5	12	12,5
●	12	5	7,5	8	10	15	10
						6,5	6,5
	4,5	6	7	11	14	8	6,5
						6,5	6,5

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 1
 Maximalwert: 22
 Mittelwert (m): 9,21
 Anzahl: 141
 Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 3,64
 CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **60,3**
 DU = 100 (mLQ / m): **39,5**
 SC = m / m[p%]: **6:08** m 2
 4:36 m 5
 3:44 m 1

8	6	8	9	13	16,5	10,5
3	7,5	13	9	12,5	12	8
5	10	15	11	11	10,5	7
6,5	8	12,5	10	10,5	11,5	4
7	14	12	10,5	12,5	8	2
8,5	14,5	11	11	13	7,5	
12,5	17	16	12	11		
7,5	7,5	14				
3	2,5	5	11			
2	5,5	11,5				
6,5	7,5	10				
4	10	10				
6,5	4	6				
3	5	4	8,5			
3	3,5	3	8,5			
12,5	1	1,5	6			
2,5	3	3	3,5			
5	4	4	7			
11	10	7	11			
12,5	14	17	13	13,5		
14	16	17	22	13		
12,5	13	12,5	21	16,5		
2,5	4	9	15	16,5		
5	4	7	12,5	16		
2,5	8	8	8,5	15	15	
5	8	9	10	14,5	12	12,5
5	7,5	8	10	15	10	6,5
4,5	6	7	11	14	8	6,5

**Teilfläche Technikzentrum
„Vordere Rasenfläche“
(Teil von Parzelle 20,
Technik 2 Rotatordüsen) Messung 1**

6	6	6,5	5						
	5	7	10	8,5	9,5	12,5	9,25	14	
	5	6,5	11	10	11	10,8	7,75	6	1
		7,5	9,5	7,5	8	10	9,5	10	
		7,5	7,5	7	8,5	10,5	11	5	
		7	7	9,5	11	10	10	6	
		6	8	11,5	11	10	8,5	9,5	
		6,5	9,5	10	9	12	9,5	7,5	
	7,25	9	9	8	10	11	11,5		
5	3,5	6	8	7	11	11	6,75		
	4	5	7,5	6,5	9	14	6		
	4	6,5	8,5	7	8,5	9,5	7,75		
		6	9	7,5	7	11	9,5	2	
		7	9	8	7	8,5	6		
		6,5	6	8	8	7,5	6		
			5,5	7	8,5	7,5	7,5		
		6,5	7,5	7	6	6	6,5		
		8	9	8	6,5	7	3,5		
		9	9,5	9	8,5	6	5,5		
		9	8	8	8	8	7		
	5,75	6,25	8,5	8	11	13			
4	5	7	8	10	10	8			

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 45 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 483,3926

Ende der Messung: 484,1251

Wasserverbrauch: 0,7325m³

Wasserverbrauch in 1h: 0,9767m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,5 bar

Fließdruck am MV: 4,1 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,3, min.: 0,0, max.: 0,7

Temp.: 5,9°C

Neigung: 13%

Rastergröße 0,5m

Regner alle Hunter:

- 1 MP 2000 Rotator 15°A, 90°S
- 2 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 3 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 4 MP 2000 Rotator 28°A, 180°S
- 5 MP 2000 Rotator 28°A, 180°S
- 6 MP 2000 Rotator 28°A, 90°S

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 4,67
 Maximalwert: 18,7
 Mittelwert (m): 10,8
 Anzahl: 141
 Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 7,54
 CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **80,0**
 DU = 100 (mLQ / m): **69,8**
 SC = m / m[p%]: **2:12** m 2%:
1:53 m 5%:
1:40 m 10%:

8	8,67	6,67					
6,67	9,33	13,3	11,3	12,7	16,7	12,3	18,7
6,67	8,67	14,7	13,3	14,7	14,3	10,3	8
	10	12,7	10	10,7	13,3	12,7	13,3
	10	10	9,33	11,3	14	14,7	6,67
	9,33	9,33	12,7	14,7	13,3	13,3	8
	8	10,7	15,3	14,7	13,3	11,3	12,7
	8,67	12,7	13,3	12	16	12,7	10
	9,67	12	12	10,7	13,3	14,7	15,3
	4,67	8	10,7	9,33	14,7	14,7	9
	5,33	6,67	10	8,67	12	18,7	8
	5,33	8,67	11,3	9,33	11,3	12,7	10,3
		8	12	10	9,33	14,7	12,7
		9,33	12	10,7	9,33	11,3	8
		8,67	8	10,7	10,7	10	8
			7,33	9,33	11,3	10	10
		8,67	10	9,33	8	8	8,67
		10,7	12	10,7	8,67	9,33	4,67
		12	12,7	12	11,3	8	7,33
		12	10,7	10,7	10,7	10,7	9,33
		7,67	8,33	11,3	10,7	14,7	17,3
		6,67	9,33	10,7	13,3	13,3	10,7

**Teilfläche Technikzentrum
„Vordere Rasenfläche“
(Teil von Parzelle 20, Technik 2
Rotatordüsen) Messung 2**

6	7,5	8	9	9	7,5
6,5	5,5	7	8	5,5	7
6	5	6	8	9	5
5	6	8	10	8	8,5
4	6	9	10,5	12,5	15
4	6,5	10	12	13	9,5
4	10	10	10	9	6
3,5	8,5	10	10	7,5	6,75
	7	9	9	7,5	5,5
	6,5	8	8	7,5	7,25
	9	8	10,5	9,5	10
5,5	8	9,5	11,5	10	10,5
5,5	9	10	11	8	7
7,5	11	14	12	10	7
8	10	12	11	10	9
11	11	11	13	14	8
12,5	12	12	11,5	13,5	11
14	13,5	12,5	10	13,5	12
13	13,3	12,8	10,5	11	10

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 45 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 484,1251

Ende der Messung: 484,5459

Wasserverbrauch : 0,421 m³l

Wasserverbrauch in 1h: 0,5611m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,5 bar

Fließdruck am MV: 4,4 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,3, min.: 0,0, max.: 0,7

Temp.: 6,0C

Neigung: 11%

Rastergröße 0,5m

Regner alle Hunter:

3 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S

7 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S

8 MP 2000 Rotator 28°A, 180°S

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 4,67
 Maximalwert: 20
 Mittelwert (m): 12,2
 Anzahl: 111
 Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 7,74
 CC= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **76,3**
 DU = 100 (mLQ / m): **63,4**
 SC = m / m[p%]: **2:26** m 2%:
 2:09 m 5%:
 1:55 m 10%

8	10	10,7	12	12	10
8,67	7,33	9,33	10,7	7,33	9,33
8	6,67	8	10,7	12	6,67
6,67	8	10,7	13,3	10,7	11,3
5,33	8	12	14	16,7	20
5,33	8,67	13,3	16	17,3	12,7
5,33	13,3	13,3	13,3	12	8
4,67	11,3	13,3	13,3	10	9,33
	9,33	12	12	10	7,33
	8,67	10,7	10,7	10	9,33
	12	10,7	14	12,7	13,3
7,33	10,7	12,7	15,3	13,3	14
7,33	12	15,3	14,7	10,7	9,33
10	14,7	18,7	16	13,3	9,33
10,7	13,3	16	14,7	13,3	12
14,7	14,7	14,7	17,3	18,7	10,7
16,7	16	16	15,3	18	14,7
18,7	18	16,7	13,3	18	16
17,3	17,3	17,3	14	14,7	13,3

**Parzelle 23:
Technik 5 Sprühdüsen vor
Gewächshaus**

4	10		
12	15	13,5	2
16	13,5	16,5	5,5
4,5	18	11,5	5
2,5	7,5		
6	14		
14	15		
10	19,5	6	
7	9		
7	15		
8	24	14	
7	13,5	18,5	
5	15	15	7
3,5	8		

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung 489,51

Ende der Messung: 490,84

Wasserverbrauch : 1,33 m³

Wasserverbrauch in 1h: 2,66 m³

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,5 bar

Fließdruck am MV: 3,9 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,6, min.: 0,0, max.: 1,4

Temp.: 10,9°C

Neigung: 16%

Rastergröße 1,0 m

Regner alle Hunter:

- 1 MP 2000 Rotator 15°A, 90°S
- 2 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 3 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 4 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 5 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S
- 6 MP 2000 Rotator 00°A, 180°S
- 7 MP 2000 Rotator 15°A, 180°S

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 4

Maximalwert: 48

Mittelwert (m): 22,6

Anzahl: 35

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 9,56

C= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **60,3**

DU = 100 (mLQ / m): **42,2**

SC = m / m[p%]: **5:39** m 2%:

5:01 m 5%:

3:37 m 10%

	20		
24	30	27	4
32	27	33	11
9	36	23	
5	15		
12	28		
28	30		
20	39		
14	18		
14	30		
16	48	28	
14	27	37	
10	30	30	
7	16		

Fläche 25: Rasen vor Schuleingang

3	2	4,5				
6	8	10				
7	9,5	11,5	13			
4,5	11	12	12,5			
12,5	12	13	11	10		
13,5	13,5	13,5	10	9	7	6
16	14,5	12,5	10	7,5	6	4
15	15	12,5	9,5	7	4	
17	16	13,5	9,5	6		
17	16	14	11			
13	14	14	11,5			
9	10	13	12	9,5		
8	10	12	13	13		
7	10	12	13,5	15		
2	10	11,5				

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Wasserverbrauch

Keine Wasseruhr vorhanden

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,6 bar

Fließdruck am R: 2,7 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,4

Temp.: 14,7°C

Neigung: 1,5%

Rastergröße 2,0 m

Regner alle Perrot:

1 ZA-22-90°

2 ZA-22-90°

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 4

Maximalwert: 34

Mittelwert (m): 21,4

Anzahl: 69

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 11,5

C= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **73,3**

DU = 100 (mLQ / m): **53,5**

SC = m / m[p%]: **5:21** m 2%:

3:34 m 5%:

2:40 m 10%

6	4	9				
12	16	20				
14	19	23	26			
9	22	24	25			
25	24	26	22	20		
27	27	27	20	18	14	12
32	29	25	20	15	12	8
30	30	25	19	14	8	
34	32	27	19	12		
34	32	28	22			
26	28	28	23			
18	20	26	24	19		
16	20	24	26	26		
14	20	24	27	30		
	20	23				

**Fläche 26: Rasenbackenzähne vor
Wohnheim Block A**

2	2,5	3,5	5	5,5	7
	2,5	3	4,5	5	5
	2,5	3,5	5	5	4
	2	3,5	5	6	3
	2	3,5	5	6	3
	2,5	3,5	4	5	4
	2,5	3	4	4	4
	1	3,5	3,5	4	2,5
	4	4,5	4,5	4,5	3,5
	6	5,5	5	6	5
3	5	6	6,5	5,5	4
	5	6,5	6	7	6
	4	6	7,5	7,5	7
	4,5	6	7	7,5	7,5
4	4	7,5	7,5	7	6
	7	8	6	7	6
		7,5	6,5	5	5
		6	6	5,5	4
		5	5	5,5	6,5
		3	5	4,5	4
		3,5	4,5	5	3

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Wasserverbrauch

Keine Wasseruhr vorhanden

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 4,6 bar

Fließdruck am R: 2,8 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,4

Temp.: 14,1°C

Neigung: 1,0%

Rastergröße 2,0 m

Regner alle Perrot:

- 1 ZA-22-90°
- 2 ZA-22-180°
- 3 ZA-22-180°
- 4 ZA-22-180°5

Messwerte pro 60 Min

4	5	7	10	11	14
	5	6	9	10	10
	5	7	10	10	8
	4	7	10	12	6
	4	7	10	12	6
	5	7	8	10	8
	5	6	8	8	8
	2	7	7	8	5
	8	9	9	9	7
	12	11	10	12	10
6	10	12	13	11	8
	10	13	12	14	12
	8	12	15	15	14
	9	12	14	15	15
	8	15	15	14	12
	14	16	12	14	12
		15	13	10	10
		12	12	11	8
		10	10	11	13
		6	10	9	8
		7	9	10	6

Minimalwert: 2

Maximalwert: 16

Mittelwert (m): 9,71

Anzahl: 102

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 5,73

C= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **73,6**

DU = 100 (mLQ / m): **59**

SC = m / m[p%]: **3:14** m 2%:

2:33 m 5%:

2:12 m 10%

Parzelle 27: VolleyballfeldDie Fläche ist 377,5m² groß

	3	2	0,5	3	1	0,5
	10	10,5	13	15,5	10	4,5
	9,5	12	12,5	14	9	4
	8,5	12	11	11	7	
2	5,5	8	8,5	7	6	
2,5	4	5,5	6	6	5,5	
2,5	4,5	6,5	6,5	7,5	7,5	
2	4,5	6	5	7	8	
2	5	6,5	7	8	5	
2	4	5,5	6,5	6,5	3,5	
2	4	5	4	5	3	
2,5	4	4,5	3	5	4	
3,5	4,5	5	5	5	5	
4	5	7,5	7	6	5	4
4,5	5	5	6	6,5	5	3,5
4	5	5	5	5	3,5	2,5

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 120 Min

Wasserverbrauch

Stand der Wasseruhr

Beginn der Messung

Ende der Messung:

Wasserverbrauch :

Wasserverbrauch in 1h:

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: 5,1 bar

Fließdruck am R: 2,2-2,8 bar

Leistungsprogramm: CU Wert

Wind in m/s:

Ø: 0,1, min.: 0,0, max.: 0,3

Temp.: 13,8°C

Neigung: 2,0%

Rastergröße 2,0 m

Regner alle Toro:

1 Serie 800, orange, 360°

2 Serie 800, orange, 360°

3 Serie 800, orange, 360°

Messwerte pro 60 Min

Minimalwert: 0,25

Maximalwert: 7,75

Mittelwert (m): 2,84

Anzahl: 98

Mittelwert der 25% niedrigsten Werte (mLQ): 1,32

C= Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in %: **61,5**

DU = 100 (mLQ / m): **46,4**

SC = m / m[p%]: ##### m 2%:

4:44 m 5%:

3:26 m 10%:

	1,5	1	0,25	1,5	0,5	0,25
	5	5,25	6,5	7,75	5	2,25
	4,75	6	6,25	7	4,5	2
	4,25	6	5,5	5,5	3,5	
1	2,75	4	4,25	3,5	3	
1,25	2	2,75	3	3	2,75	
1,25	2,25	3,25	3,25	3,75	3,75	
1	2,25	3	2,5	3,5	4	
1	2,5	3,25	3,5	4	2,5	
1	2	2,75	3,25	3,25	1,75	
1	2	2,5	2	2,5	1,5	
1,25	2	2,25	1,5	2,5	2	
1,75	2,25	2,5	2,5	2,5	2,5	
2	2,5	3,75	3,5	3	2,5	2
2,25	2,5	2,5	3	3,25	2,5	1,75
2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,75	1,25

Versuchsfläche: Fürstenhof, Kurpark Bad Brückenau

Fläche 1: Ausschnitt der Rasenfläche vor dem Fürstenhof

Die Gesamtfläche konnte nicht komplett untersucht werden. Es wurde ein repräsentativer Teil mit den Maßen 10 x 44m untersucht.

Bei der CU Wert Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 30 Min

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: ca 8 bar, schwankend

Fließdruck am Regner ca. 6 bar bei 4,5m³

Leistungsprogramm: CU Wert:

48,7%

Wind schwankend 0,5m/s

max.: 12,7

Temp.: 19,6°C

Neigung: schwankend von eben

bis zu 50°

Rastergröße 2,0m

Messwerte berechnet auf 60min Laufzeit

5	8	7	8	7	4
30	36	33	35	34	50
21	9	40	32	20	10
16	15	14	17	17	15
13	14	14	13	13	14
12	13	12	12	12	12
8	8	9	9	9	9
3	6	6	8	8	8
5	6	7	7	8	10
9	8	8	7	9	8
10	8	8	7	8	8
9	9	8	4	5	7
8	8	8	7	8	7
9	8	6	7	8	8
9	8	8	9	8	8
8	8	9	9	10	8
9	8	8	10	10	10
10	8	10	10	9	9
10	8	10	9	9	7
14	10	9	7	8	8
13	7	6	6	6	9
12	6	6	6	6	9

Versuchsfläche: Pavillon am Wandelgang, Kurpark Bad Brückenau

Fläche 2: Ausschnitt der Rasenfläche vor dem Pavillion

Die Gesamtfläche konnte nicht komplett untersucht werden. Es wurde ein repräsentativer Teil mit den Maßen 7 x 11m untersucht.

Bei der CU Wert Messung wurde die Wasserverteilung auf der Rasenfläche untersucht.

Leistungsprogramm:

Laufzeit der Messung: 15 Min

Leistungsprogramm: Druckmessung

Statischer Druck: ca 8 bar, schwankend
Fließdruck am Regner ca. 4,5 bar bei 4,5m³

Leistungsprogramm: CU Wert:

62,0%

Wind schwankend 0,5m/s
max.: 15,8

Temp.: 21,5°C
Neigung: eben
Rastergröße 1,0m

14	4					
40	28	14				
46	30	54	52	24		
36	48	56	48	20		
32	38	44	44	26	12	
28	36	40	32	20	12	4
24	28	38	34	28	28	8
16	28	36	36	36	22	8
18	24	32	40	28	28	8
12	20	28	32	24	26	14
12	12	14	46	10	20	24

Messwerte berechnet auf 60min Laufzeit

Anhang 3: Boniturbogen „Visueller Eindruck“

Versuch: L50_08	Datum: _____
Bewässerungsversuch	Name: _____

Bonitur: Visueller Eindruck nur Pflanzen

Parz	J	Z	BW	Bewässerung	Steuerung	Visuell	Bemerkung
1				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
2				1 optimal	3 TBOS SIM		
3				1 optimal	3 TBOS SIM		
4				2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
5				2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
6				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
7				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
8				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
9				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
10				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
11				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
12				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
13				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
14				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
15				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
16				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
17				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
18				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
19				1 optimal	2 ET-Sensor		
20				1 optimal	2 ET-Sensor		
21				1 optimal	2 ET-Sensor		
22				1 optimal	2 ET-Sensor		
23				1 optimal	2 ET-Sensor		
24				2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
25				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
26				1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		
27				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
28				1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
29				1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		
30				2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
31				2 Erhaltung	4 Boden-Vegetation Modell		
32				1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		

Boniturschlüssel:

- 1 = Gefällt mir nicht, Eindruck mangelhaft/z.B. stark verunkrautet
- 3 = Sagt mir nichts, Eindruck ausreichend
- 5 = Gefällt mir, Eindruck befriedigend
- 7 = Gefällt mir gut, Eindruck gut
- 9 = Gefällt mir sehr gut, Eindruck sehr gut

Anhang 4: Boniturbogen „Vitalität“

Versuch: L50_08		Datum: _____
Bewässerungsversuch		Name: _____

Bonitur: Vitalität nur Pflanzen

Parz	J	Z	Bewässerung	Steuerung	Vitalität	Bemerkung
1			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
2			1 optimal	3 TBOS SIM		
3			1 optimal	3 TBOS SIM		
4			2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
5			2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
6			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
7			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
8			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
9			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
10			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
11			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
12			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
13			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
14			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
15			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
16			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
17			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
18			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
19			1 optimal	2 ET-Sensor		
20			1 optimal	2 ET-Sensor		
21			1 optimal	2 ET-Sensor		
22			1 optimal	2 ET-Sensor		
23			1 optimal	2 ET-Sensor		
24			2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
25			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
26			1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		
27			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
28			1 optimal	1 gärtnerische Erfahrung		
29			1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		
30			2 Erhaltung	1 gärtnerische Erfahrung		
31			2 Erhaltung	4 Boden-Vegetation Modell		
32			1 optimal	4 Boden-Vegetation Modell		

Boniturschlüssel:

- 1 = Pflanzen teilweise abgestorben
- 3 = Pflanzen kümmern, welken
- 5 = Pflanzen vital
- 7 = Pflanzen wüchsig
- 9 = Pflanzen üppig

Anhang 5: Poster zum Forschungsforum Landschaft der FLL, 4.2.2010



Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau



Der Weg der Tropfen

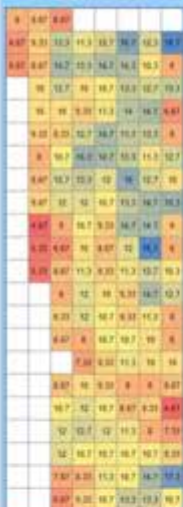
Fragestellung

Wie können öffentliche Grünflächen standortangepasst bewässert werden?

- Optimale Wasserversorgung sicherstellen, um die Funktion der Pflanzung zu erhalten (Klimamäßigung, Feinstaubbindung, Ästhetik ...)
- Wasser sparsam verwenden (WHG § 1a, Abs. 2)
- Berücksichtigung von Pflanzenvielfalt, Lage und Zuschnitt der Flächen, Ansprüche der Nutzergruppen, gewünschte Vitalität und Aussehen
- Arbeitersparnis durch Automatisierung

Ziel:

- Praxisnahe Empfehlungen für die Planung, Installation und Instandhaltung von automatischen Bewässerungsanlagen in öffentlichen Grünflächen
- Leitfaden für eine bedarfsgerechte Bewässerung typischer Pflanzungen



Minimalwert:	4,66 l/m ²
Maximalwert:	18,67 l/m ²
Mittelwert (m):	10,81
Christiansen Gleichmäßigkeitskoeffizient in % (CC):	80,03
SC (m 2%)	2,12
SC (m 5%)	1,53
SC (m 10%)	1,40

Berechnung nach DIN EN 12484-5.
Empfohlene Grenzwerte eingehalten für CC-Wert und für SC mit 5 % bzw. 10 % der schlechtesten Werte, SC (m 2%) nicht. (Thon 2009)

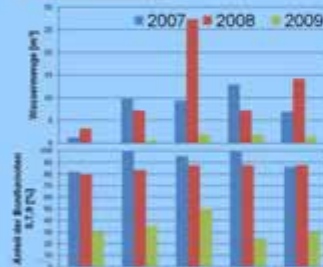
Feldstudie

Untersuchungen

- 27 Versuchspartizelle mit 7 Flächeninhalten nach Objektartenkatalog Freianlagen (Grünflächen der LWG)
- 6 unterschiedliche Varianten von Sensortechnik zur witterungsangepassten Steuerung
- Bonituren und Messungen

Umsetzung

- Einbau neuer automatischer Bewässerungsanlagen mit entsprechender Messtechnik auf Gelände LWG
- Projekt Bayerisches Staatsbad Bad Brückenau



Manuell TORO Hunter Rainbird Gardena
Wassersparen um jeden Preis?
Visueller Eindruck, befriedigend bis sehr gut (Zeitpunkt Sept./Okt.)

Folgerungen

Forschungsbedarf bis Ende 2011

- Optimierung der Bewässerungsmenge und -zeitpunkte über Bodenfeuchtwerte, Evapotranspiration und Wetterdatenbank
- Dokumentation des Arbeitsaufwandes und der Störanfälligkeit
- Gleichmäßige Wasserverteilung durch Anordnung der Regner (Verteilkurven) ist Voraussetzung für eine wassersparende Bewässerung



Dipl.-Ing. J. Eppel, Dipl.-Ing. N. Kendzia, Dipl.-Ing. (FH), M.A. A. Thon, GM J. Öchsner, GM D. Marsch

www.lwg.bayern.de