

Versuche zur Verbesserung der Verteilgenauigkeit einer Beregnungsanlage mit Versenkregnern

Praxisbezogene Aufgabe für die Fortbildungsprüfung zum Geprüften Head-Greenkeeper, DEULA Rheinland 2010

Zusammenfassung

Eine Beregnung von Funktionsflächen, wie Golfgrüns, ist unverzichtbar. Die Beregnungsanlage der Main-Taunus-Golfanlage in Wiesbaden-Delkenheim ist in den letzten Jahren durch das Austauschen einiger Regner verändert worden. Anschließend notwendige Kontrollen wurden jedoch vernachlässigt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die bestehende Verteilgenauigkeit auf zwei Grüns ermittelt. Die Ursachen für das äußere Erscheinungsbild wie Trocken- und Nassstellen konnten durch die Messungen der Ausgangssituation bestätigt werden. Geringe Veränderungen an den einzelnen Regnern führten zu eindeutigen Verbesserungen. So konnte durch ein Wechseln der Düsen und Einstellen des Teilkreises der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU auf Grün 17 von 0,61 auf 0,76 verbessert werden. Auf dem Übungsgrün wurde sogar eine Verbesserung des Gleichmäßigkeitskoeffizienten CU von 0,52 auf 0,85 erzielt. Allerdings mussten für diesen Erfolg zwei Regner ausgetauscht werden. Abschließend ist zu sagen, dass ein Überprüfen der Beregnungsanlage sehr zeitaufwendig, aber bei Veränderungen absolut notwendig ist. Eine Kontrolle einer optimierten Anlage, wie das Erneuern der Düsen oder Überprüfen des Drucks, Drehung und das Reinigen der Regner, sollte allerdings jährlich durchgeführt werden.

Einleitung und Literaturübersicht

Die Beregnungsanlage ist eines der wichtigsten Instrumente der Grund- und Erhaltungspflege auf einer Golfanlage. Die Main-Taunus-Golfanlage liegt in einem ehemaligen Kieswerk an einem Standort, der im langjährigen Mittel nur 500-600 l/m² Gesamtjahresniederschlag aufweist. Nach FLL (2000) ist dieser Standort als „Trockene Lage“ einzuordnen und damit eine Beregnungsanlage unverzichtbar. Auch der Gräserbestand von bis zu 80% *Poa annua* auf den Grüns lässt längere Trockenphasen kaum zu und zeigt auch ungleichmäßige Wasserverteilung der Beregnungsanlage schnell auf. Am Standort sind die Wasserressourcen vorhanden, um bedarfsgerecht bewässern zu können.

Der Wasserbedarf der Gräser hängt sehr stark vom jeweiligen Standort ab. Die Standortfaktoren setzen sich laut FLL (2007) aus Klimagebiet, Boden, Relief, Vegetation und Pflegezustand zusammen. Tabelle 1 zeigt den Beregnungswasserbedarf der einzelnen Funktionsflächen in Abhängigkeit von den Standortbedingungen.

Rasentragschichten auf Golfgrüns bestehen zum größten Teil aus Sand und können relativ schnell austrocknen, müssen daher öfter entsprechend des Bedarfs beregnet werden.

Wie in Tabelle 2 aufgeführt, kann der Wasserverbrauch des Pflanzenbestan-

des (Gräserarten) sehr unterschiedlich sein. Deshalb wird als Bezugsgröße für den Wasserbedarf einer Rasenfläche deren Gesamtwasserverbrauch unterstellt. Dieser setzt sich aus der Verdunstung der Pflanzenoberfläche (Transpiration) und des Bodens (Evaporation) zusammen. Zusammengefasst bezeichnet man dies als Evapotranspiration (LEINAUER und SCHULZ, 1998).

Durch einen optimalen Pflegezustand der Anlage kann die Beregnungswassermenge möglichst gering gehalten werden.

Die Auslegung des Beregnungssystems muss angesichts der Pflegeintensität so beschaffen sein, dass die erforderliche Beregnungswassermenge zur notwendigen Zeit so gleichmäßig wie möglich verabfolgt werden kann (SKIRDE, 1983). Es müssen also für eine Fläche X genügend Regner so angeordnet werden, dass sie durch Überlappung möglichst alle Bereiche gleichermaßen beregnen. Wie in Abbildung 1 gezeigt, werden in der Regel fünf Teilkreisregner eingesetzt, um möglichst Grün und Vorgrün abzudecken (DGV, 2006).

In der Head-Greenkeeper-Hausarbeit wurde die Grünsberegnung, bei der die Versenkregner nach und nach ausgetauscht wurden (mit Produktumstellung), an zwei Grüns auf Verteilgenauigkeit im Rahmen eines Versuchs überprüft, da nach dem Austausch

Lage	Niederschlagsmenge	Beregnungswasserbedarf		
		Grüns, Vorgüns	Abschläge	Spielbahnen
Sehr trockene Lagen	< 500	400 – 600	250 – 400	200 – 300
Trockene Lagen	500 – 700	300 – 400	200 – 250	150 – 200
Mittlere Lagen	700 – 900	200 – 300	100 – 200	100 – 150
Niederschlagsreiche Lagen	> 900	100 – 200	50 – 100	0 – 100

Tab. 1: Beregnungswasserbedarf in mm/Jahr (nach FLL, 2000).

ET (mm/Tag)	Grasart	
	Deutscher Name	Botanischer Name
7 – 8,5	Schafschwingel	<i>Festuca ovina</i>
	Rotschwingel	<i>Festuca rubra</i>
	Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>
8,5 – 10	Ausdauerndes Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>
> 10	Rohrschwingel	<i>Festuca arundinacea</i>
	Flechtstraußgras	<i>Agrostis stolonifera</i>
	Jährige Rispe	<i>Poa annua</i>
	Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>

Tab. 2: Evapotranspiration (ET) der gebräuchlichsten Arten verschiedener Rasengräser (nach BEARD und KIM, 1989).

keine anschließende Kontrolle oder ein Auslitern stattgefunden hat. Dies führte dazu, dass vermehrt Trocken- und Nassstellen aufgetreten sind, was möglicherweise auf mangelnde Verteilgenauigkeit zurückzuführen ist. Dazu wurde im Versuch u.a. der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU ermittelt (LEINAUER und SCHULZ, 1998). Ziel war es festzustellen, in wie weit durch geringe Veränderungen an den einzelnen Regnern, eine Verbesserung der Verteilgenauigkeit erreicht werden kann.

Bewertung einer Beregnungsanlage

Laut HUCK (2000), fließen verschiedene Kriterien in die Bewertung einer Beregnungsanlage mit ein. U.a. sind dabei die Abstände und Anzahl der Regner auf die Wurfweite und Größe der zu beregnenden Fläche abzustimmen. Die Qualität der Funktionsfähigkeit einer Beregnungsanlage zeigt sich besonders in der gleichmäßigen Verteilung des Beregnungswassers. Somit ist zur Optimierung der Beregnungsanlage und zur Reduzierung des Wasserverbrauchs eine Überprüfung der Verteilgenauigkeit einmal im Jahr auf den besonders hoch beanspruchten Spielelementen wie Grüns und Abschlägen unbedingt notwendig (LEINAUER und SCHULZ, 1998).

In der Regel wird für eine Überprüfung der Verteilgenauigkeit mit Regenmessbechern gearbeitet, bei denen man die Niederschlagsmenge direkt in mm beziehungsweise l/m²

ablesen kann. Die Regenmessbecher müssen in einem quadratischen Raster über die gesamte zu prüfenden Fläche aufgestellt werden. Der Rasterabstand zwischen zwei benachbarten Bechern darf für Regner mit einem Radius größer als zehn Meter höchstens zwei Meter betragen (ANONYMUS, 2006).

Jede Messung sollte möglichst bei Windstille erfolgen und etwa so lange wie ein Beregnungsdurchgang dauern.

Für eine Bewertung stehen folgende Berechnungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU nach CHRISTIANSEN
- die Gleichmäßigkeit der Verteilung DU
- der Zeitplankoeffizient SC

Zur Berechnung des Gleichmäßigkeitskoeffizienten CU nach CHRISTIANSEN (PAIR et al., 1983), werden die einzelnen Ergebnisse in die nachfolgende Formel eingetragen. Der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU ist damit folgendermaßen definiert:

	SC	DU
A (sehr gut):	< 1.2	> 85%
B (gut):	1.2 – 1.3	75 – 85%
C (befriedigend):	1.3 – 1.5	65 – 75%
D (ausreichend):	1.5 – 1.8	55 – 65%
F (mangelhaft):	> 1.8	< 55%

Tab. 3: Aufstellung SC- und DU-Werte nach HUCK (2000) (Quelle: HUCK, 2000)

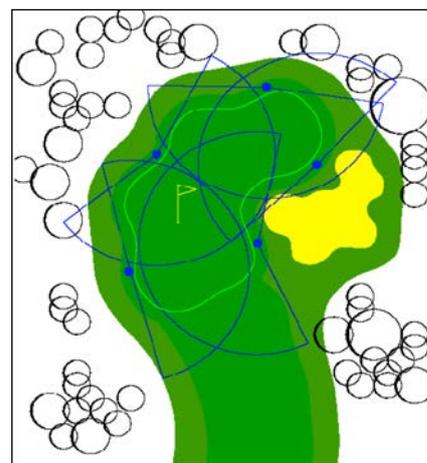


Abb.1: Anordnung der Regner an einem Grün.

$$CU = 1 - \frac{D}{M}$$

$$D = \frac{\text{Summe } |x_i - M|}{N} = \text{durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert}$$

$$M = \frac{\text{Summe } (x_i)}{N} = \text{durchschnittliche Auffangmenge}$$

x_i = Einzelne Niederschlagsmenge
 N = Anzahl der Auffangbehälter

Der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU sollte möglichst nahe der Zahl 1 sein. Gute Beregnungsanlagen haben mindestens einen Wert von 0,7 (LEINAUER und SCHULZ, 1998). CU gibt aber nur die durchschnittliche Gleichmäßigkeit an, mit der das Wasser über die Fläche verteilt wird und nicht, ob zu viel oder zu wenig Wasser gegeben wurde.

Eine Berechnung der Gleichmäßigkeit der Verteilung DU ist nach LEINAUER (2009) meist ausreichend. DU gibt an, wie viel Wasser zusätzlich beregnet werden muss, um die trockensten 25% der Fläche hinreichend zu versorgen. Der Wert sollte ebenfalls nahe der Zahl 1 oder 100% sein.

$$DU = \frac{\text{Durchschnitt der geringsten 25\% aller Becher}}{\text{Durchschnittliche Auffangmenge (M)}}$$

Bar	Düsensatz 6 gelb		Düsensatz 9 rot		Düsensatz 12 braun	
	Radius	Fluss	Radius	Fluss	Radius	Fluss
	Meter	l/min	Meter	l/min	Meter	l/min
6	16,7	33,0	17,4	47,3	17,9	60,4

Tab. 4: Leistungstabelle TORO-Berechnung Serie 2001- metrisch.

Grün 17 / 352 m ²	Übungsgrün / 359 m ²
Regnerabstand von 1 zu 2 = 18,5 m 2 zu 3 = 21 m 3 zu 1 = 22 m	Regnerabstand von 1 zu 2 = 23 m 2 zu 3 = 18 m 3 zu 4 = 16 m 4 zu 1 = 22 m
Variante 1: Laufzeit: 30 min Regner 1: TORO rote Düse / Teilkreis Regner 2: TORO rote Düse / Teilkreis Regner 3: TORO rote Düse / Vollkreis	Variante 1: Laufzeit: 30 min Regner 1: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: PERROT / Teilkreis Regner 4: PERROT / Teilkreis
Variante 2: Laufzeit: 15 min Teilkreis Winkel umgestellt Regner 1: TORO gelbe Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: TORO rote Düse / Vollkreis	Variante 2: Laufzeit: 15 min Teilkreis Winkel umgestellt Regner 1: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: PERROT / Teilkreis Regner 4: PERROT / Teilkreis
Variante 3: Laufzeit: 15 min Teilkreis umgestellt Regner 1: TORO gelbe Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: TORO rote Düse / Teilkreis	Variante 3: Laufzeit: 15 min PERROT- gegen TORO-Regner ausgetauscht Regner 1: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 4: TORO braune Düse / Teilkreis
	Variante 4: Laufzeit: 15 min Teilkreis umgestellt Regner 1: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: TORO gelbe Düse / Teilkreis Regner 4: TORO braune Düse / Teilkreis
	Variante 5: Laufzeit: 15 min Teilkreis umgestellt Regner 1: TORO rote Düse / Teilkreis Regner 2: TORO braune Düse / Teilkreis Regner 3: TORO gelbe Düse / Teilkreis Regner 4: TORO braune Düse / Teilkreis

Tab.5: Beschreibung der Beregnungsversuche und Einstellungsvarianten der Beregnungsanlage auf Grün 17 und dem Übungsgrün.

Die Berechnung des Zeitplankoeffizienten SC

$$SC = \frac{\text{Durchschnittliche Auffangmenge (M)}}{\text{Geringste Menge aller Becher}}$$

gibt an, wie viel Wasser beregnet werden muss, um die trockenste Stelle ausreichend zu versorgen. Er beschreibt auch, wie stark die Fläche im Durchschnitt überbewässert wird.

HUCK (2000) unterteilt anhand des SC- und DU-Wertes die Sprinkleranlagen in verschiedene Bewertungskategorien (Tabelle 3). Bei Veränderungen an der Beregnungsanlage, wie zum Beispiel ein Austausch der Düsen, müssen neue Messungen erfolgen.

Material und Methoden

Beschreibung der Golfanlage

Mitten im Rhein-Main Gebiet, zwischen Wiesbaden und Frankfurt, befindet sich unsere 18-Löcher-Golfanlage in Wiesbaden-Delkenheim. Sie entstand ab 1979 zur Renaturierung einer industriellen Kiesgrube in einer Höhenlage von etwa 140 m ü. NN. Die golfspezifischen Flächen (Grüns, Abschläge, Spielbahnen, Sandhindernissen und Raues) machen weniger als 30% der Gesamtfläche von ca. 75 ha aus.

Anhand eigener Aufzeichnungen beträgt der Jahresgesamtniederschlag auf der Main-Taunus-Golfanlage meist etwa 500-600 l/m², wovon sich das meiste im Sommer durch Gewitterregen ergießt. Durch die trockene Lage und den sandigen Untergrund ist eine Beregnung von allen Spielflächen nötig.

Beregnungsanlage

Die Grüns wurden nach FLL G3-Bauweise aufgebaut und mit drei beziehungsweise vier Versenkregnern der Firma PERROT ausgestattet, welche teilweise über die Jahre durch Teilkreisregner des Typs 2001 von TORO ersetzt wurden (Tabelle 4).

Alle Grüns werden von einem Beregnungscomputer über ein Magnetventil als Block gesteuert. Zwei Tauchpumpen (à 45 m³/h) versorgen die Anlage

Variante	CU	DU	SC	D	M
1	0,61	0,47	3,38	1,96 l/m ²	5,07 l/m ²
2	0,76	0,66	1,78	0,64 l/m ²	2,67 l/m ²
3	0,76	0,64	2,07	0,74 l/m ²	3,10 l/m ²

Tab. 6: Gleichmäßigkeitskoeffizient CU, Gleichmäßigkeit der Verteilung DU und Zeitplankoeffizient SC sowie durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert D und durchschnittliche Auffangmenge M bei drei Messvarianten auf Grün 17.

Variante	CU	DU	SC	D	M
1	0,52	0,33	6,2	1,49 l/m ²	3,10 l/m ²
2	0,77	0,67	1,88	0,64 l/m ²	2,83 l/m ²
3	0,77	0,67	2,38	0,81 l/m ²	3,57 l/m ²
4	0,79	0,69	1,73	0,73 l/m ²	3,47 l/m ²
5	0,85	0,78	1,47	0,55 l/m ²	3,68 l/m ²

Tab. 7: Gleichmäßigkeitskoeffizient CU, Gleichmäßigkeit der Verteilung DU und Zeitplankoeffizient SC sowie durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert D und durchschnittliche Auffangmenge M bei fünf Messvarianten auf dem Übungsgrün

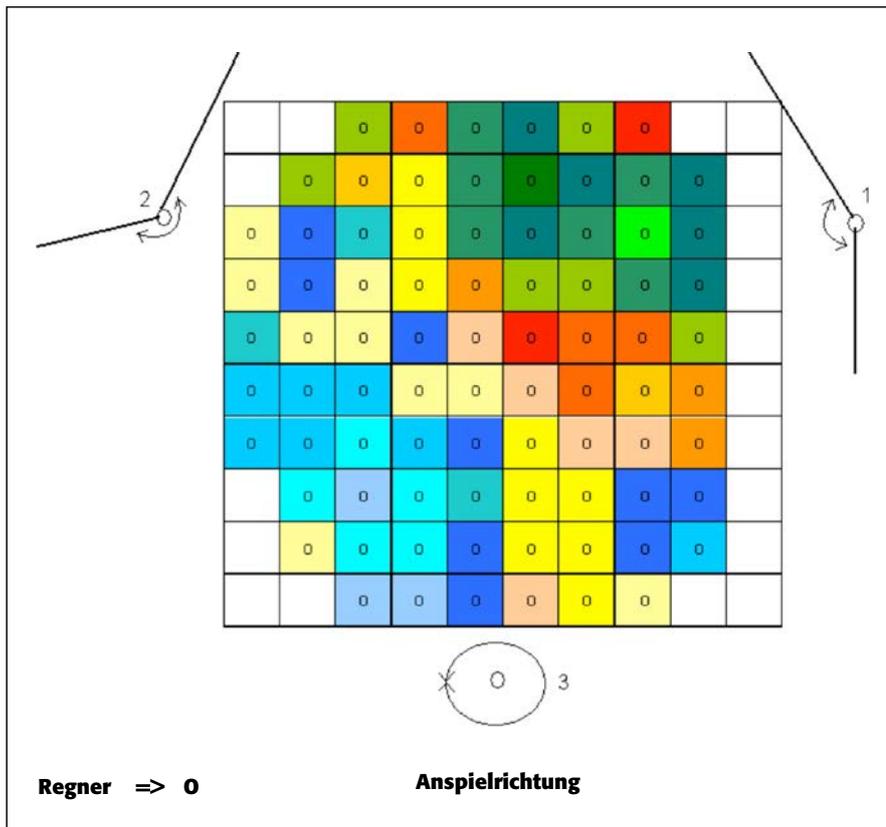


Abb. 2: Wasserverteilung nach Messvariante 1 auf Grün 17.

Messwerte in l/m ²									
0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5

und werden über Frequenzumformer energiesparend gesteuert. Der Druck von 6 bar wird durch diese Steuerung konstant gehalten und lässt eine zu große Wasserentnahme nicht zu.

Versuchsbeschreibung

Die Messungen wurden auf Grün 17 und einem Übungsgrün durchgeführt. Die Abstände der einzelnen Regner zueinander wurden während der Messungen nicht verändert. Die Versuchsvarianten sind in Tabelle 5 beschrieben.

Zur Wasserverteilungsmessung wurden auf Grün 17 mit einer Fläche von 352 m² im Abstand von 2 x 2 Metern 81 Regenmessbecher aufgestellt. Auf dem Übungsgrün wurden auf einer Fläche von 359 m² im gleichen Raster 65 Messbecher verwendet.

Der Wind wurde mittels eines Windmessers gemessen und konnte bei allen Versuchen vernachlässigt werden, da er immer weniger als 0,4 km/h betrug.

Mit den Auffangmengen der einzelnen Regenmessbecher wurden dann die oben beschriebenen Gleichmäßigkeitskoeffizienten CU, Zeitplankoeffizienten SC und die Gleichmäßigkeit der Verteilung DU berechnet.

Ergebnisse

Grün 17

Die Messung in Variante 1 (Abbildung 2) beschreibt die Ausgangssituation. Das äußere Erscheinungsbild des Grüns zeigt, dass die aus der Anspielrichtung vordere linke Seite schnell zu Trockenschäden neigt. Beim ersten Versuch auf Grün 17 mit einer Laufzeit von 30 Minuten wurden in den Messbechern Unterschiede von mindestens 1,5 bis maximal 9,5 l/m² festgestellt, was einer Differenz von 8 l/m² entspricht. Die durchschnittliche Auffangmenge (M) lag bei 5,07 l/m² und die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert (D) bei 1,96 l/m². Daraus ergibt sich ein Gleichmäßigkeitskoeffizient (CU) von 0,61. Die Gleichmäßigkeit der Verteilung (DU) war 0,47 und der Zeitplankoeffizient (SC) errechnete sich mit 3,38 (Tabelle 6).

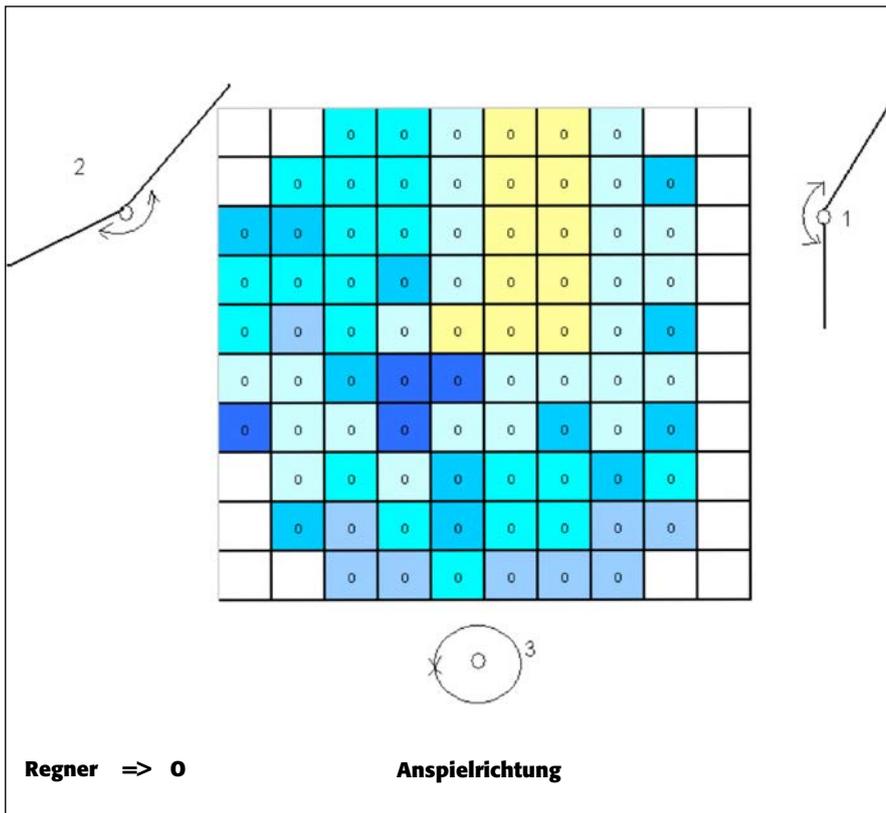


Abb. 3: Wasserverteilung nach Messvariante 2 auf Grün 17.

Bei den Messvarianten 2 und 3 (Abbildungen 3 und 4) wurde die Laufzeit auf 15 Minuten verkürzt. Bei der Variante 2 ergab sich eine Messbecherdifferenz von 2,5 l/m² (mindestens 1,5 bis maximal 4 l/m²) mit M = 2,67 l/m² und D = 0,64 l/m². Damit wurde eine Verbesserung der Koeffizienten CU, DU und SC erzielt (siehe Tabelle 6).

Variante 3 erbrachte mit Messbecherdifferenzen von 3,5 l/m² (mindestens 1,5 bis maximal 5 l/m²) und D = 0,74 l/m² sowie M = 3,10 l/m² keine weitere Verbesserung der Koeffizienten.

Übungsgrün

Auf dem Übungsgrün sind zwei TORO-Regner (Typ 2001) mit roten Düsen und zwei PERROT-Regner verbaut. Für den Leistungsbereich der beiden PERROT-Regner konnten keine Angaben mehr ermittelt werden. Der untere Teil des Übungsgrüns ist stark mit Moos durchzogen und die obere Hälfte zeigt Trockenstellen.

Auf dem Übungsgrün wurden fünf Messvarianten durchgeführt, da hier noch zwei alte PERROT-Regner verbaut waren und hier der Zustand vor und nach dem Austausch mit einbezogen werden sollte.

Bei den Grafiken (Abbildungen 5-9) ist ebenfalls die Auffangmenge der einzelnen Messbecher, durch Farben dargestellt, zu erkennen. Mit den beiden PERROT-Regnern wurde ein Optimum von 3,5 l/m² (mindestens 1,5 l/m² und maximal 5 l/m²) Messbecherdifferenz auf der Fläche festgestellt, mit D = 0,64 l/m² und M = 2,83 l/m². Der Gleichmäßigkeitskoeffizient CU lag hier bei 0,77 und könnte als akzeptabel eingestuft werden. Mit dem Austauschen der Regner konnte die Messbecherdifferenz auf 2,5 l/m² reduziert und ein CU von 0,85 erreicht werden, womit auch die Gleichmäßigkeit der Verteilung DU und der Zeitplankoeffizient SC verbessert wurden (Tabelle 7). Dies zeigt eine nochmalige eindeutige Verbesserung der Anlage auf, die durch die Düsenwahl und Feineinstellung des Teilkreises möglich war.

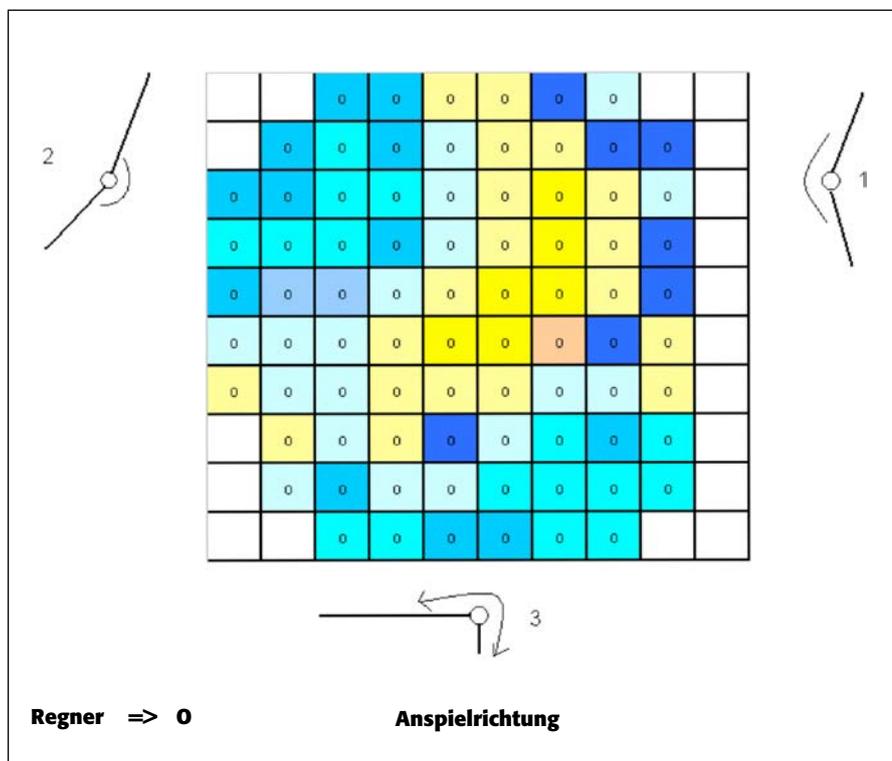


Abb. 4: Wasserverteilung nach Messvariante 3 auf Grün 17.

Messwerte in l/m²

0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5

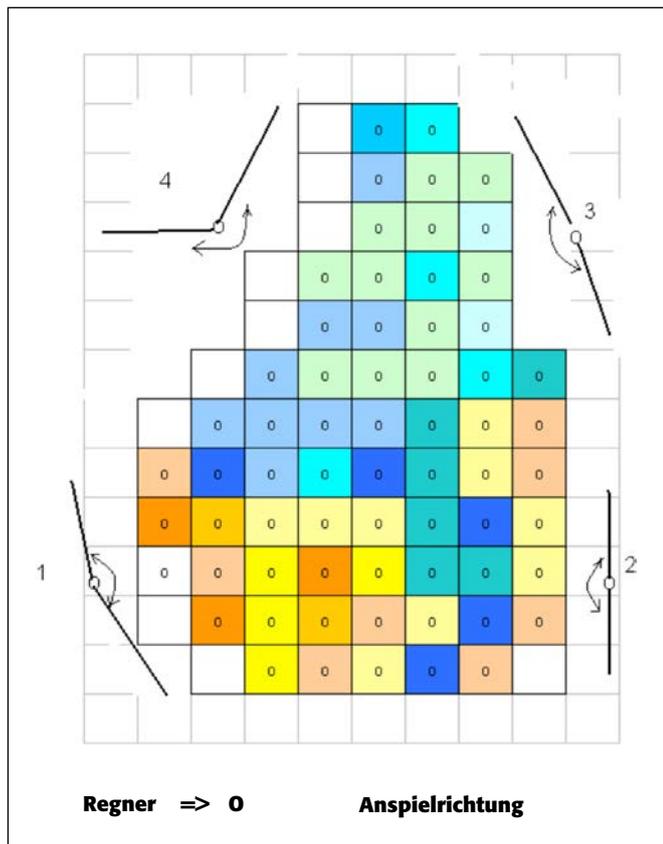


Abb. 5: Wasserverteilung nach Messvariante 1 auf dem Übungsgrün.

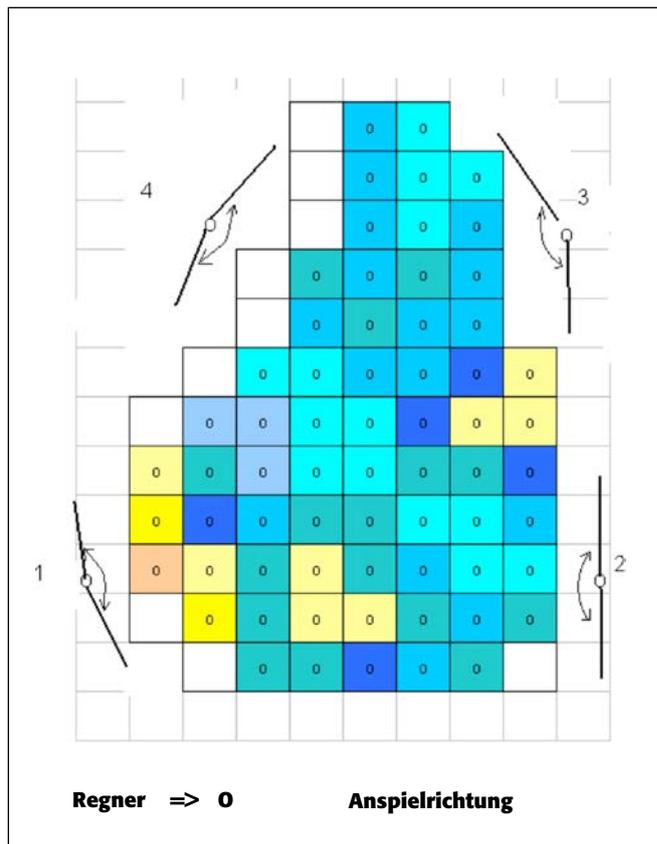


Abb. 6: Wasserverteilung nach Messvariante 2 auf dem Übungsgrün.

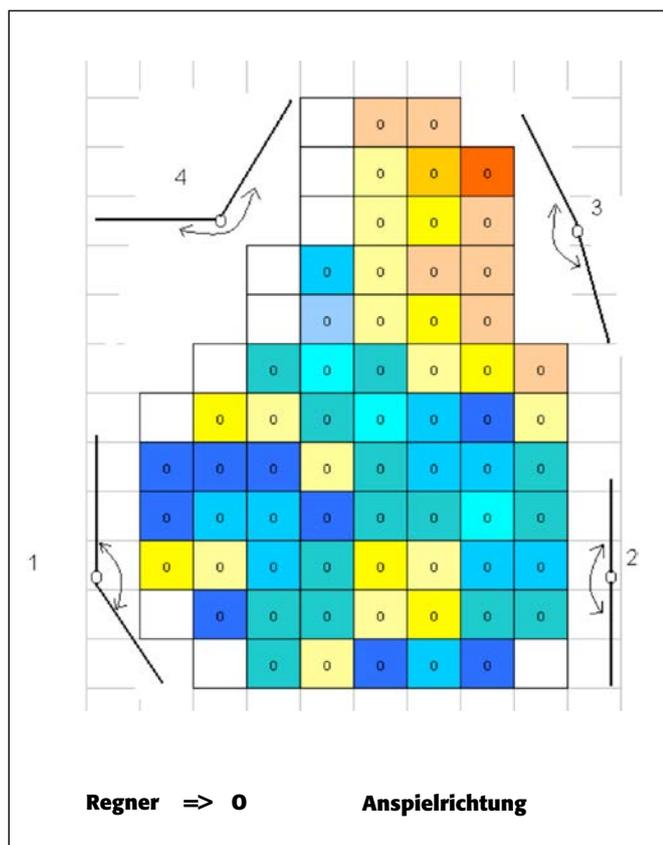


Abb. 7: Wasserverteilung nach Messvariante 3 auf dem Übungsgrün.

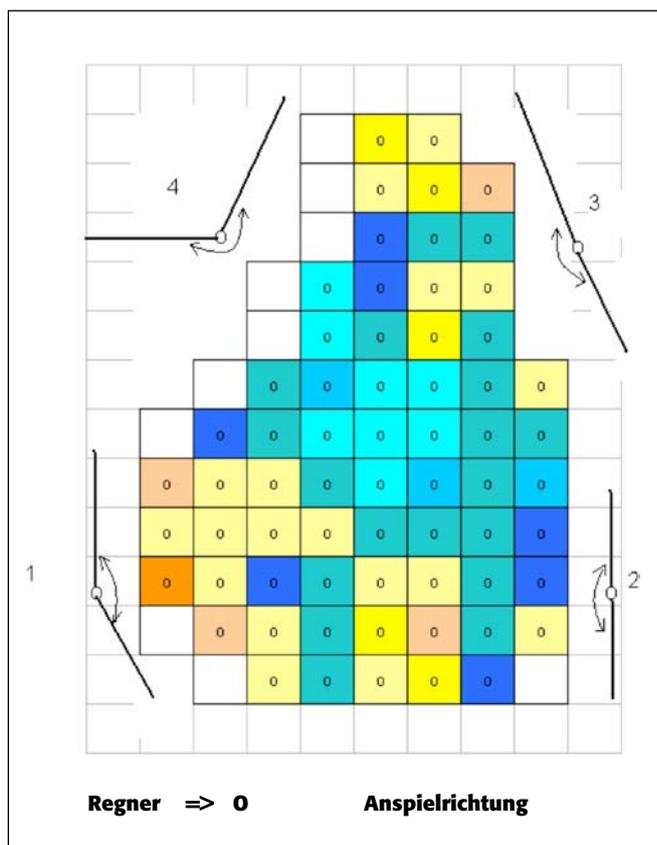


Abb. 8: Wasserverteilung nach Messvariante 4 auf dem Übungsgrün.

Messwerte in l/m²

0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5

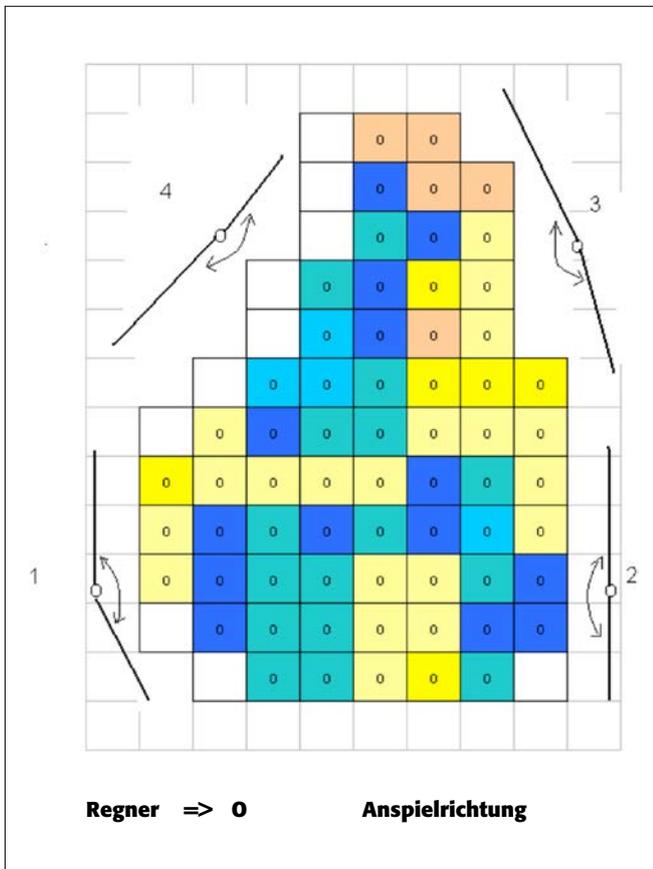


Abb. 9: Wasserverteilung nach Messvariante 5 auf dem Übungsgrün.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine regelmäßige Kontrolle der Beregnungsanlage absolut notwendig ist. Durch kleinste Veränderungen an den Regnern verändert sich auch das Beregnungsbild. Somit ist z.B. nach Messung 2 bei Grün 17 eine Einstufung der Beregnungsanlage laut HUCK (2000) mit einem DU von 66% = Kategorie C und einem SC von 1,78 = Kategorie D erfolgt. Auf dem Übungsgrün konnte die Einstufung danach mit einem DU von 33% = Kategorie F auf 78% = Kategorie B verbessert werden. Der SC wurde bis in Kategorie C (1,47) verbessert. Eine Einstufung der Regnerabstände, wie sie ebenfalls HUCK (2000) beschreibt, liegt bei beiden Grüns zwischen Kategorie A = < 65 feet (= 19,81 m) und Kategorie B = 75 feet (= 22,86 m), was als gut bis sehr gut für die Verteilung zu bewerten ist.

Voraussetzung für eine Verteilgenauigkeit ist demnach ein möglichst genauer Abstand der Regner zueinander. Wenn nun alle Regner auf Vollkreis laufen, gleiche Düsen verbaut sind, und der Druck bei allen Regnern gleich ist, müsste auch das Verteilungsbild sehr gleichmäßig sein. Da dies aber in den meisten Fällen durch Hindernisse, wie

etwa Sandbunker, nicht möglich ist, müssten die Regner sich als Vollkreis weiter drehen. Lediglich der Wasserstrahl sollte während des Passierens des Hindernisses abgeschaltet sein. Auch die Anzahl der Regner ist von großer Bedeutung für die optimale Bewässerung einer Fläche. Durch einen vierten Regner würde man auf Grün 17 durch einen noch etwas engeren Regnerabstand ein durchaus besseres Beregnungsbild bekommen. Ein individuelles Ansteuern der einzelnen Regner würde zu einer weiteren Verbesserung der bisher erzielten Ergebnisse führen. So könnte man durch Veränderung der einzelnen Laufzeiten ein Optimum erreichen und zum Beispiel auf Wind gezielt reagieren. Dadurch, dass das Beregnungswasser aus eigenen Teichen stammt, ist der Wasserverbrauch nicht gemessen worden. Jedoch lässt sich aufgrund der hier ermittelten Ergebnisse schlussfolgern, dass durch die Optimierung der Beregnungsanlage eine effektivere Verteilung und damit eine erhebliche Wassereinsparung zu verzeichnen wäre.

*Christian Müller
Gepr. Head-Greenkeeper,
Main-Taunus-Golfanlage
Oranienstr.61
65597 Hünfelden*

*Dr. Wolfgang Prämaßing
DEULA Rheinland GmbH
Bildungszentrum
Krefelder Weg 41
47906 Kempen*

Literaturverzeichnis

- ANONYMUS, 2006: Tabellenbuch DIN EN 12484-5, automatische Rasenbewässerungssysteme Teil 5 Prüfverfahren, BEUTH Verlag.
- BEARD, J.B. and K.S. KIM, 1989: Low Water Use Turfgrasses. USGA Green Section Record January/ February 1989, S.12-13.
- DGV 2006: Arbeitskreis Golfplatzbewässerung, www.golf.de/.../Beregnungswasserbedarf_10_2006_Endfassung.pdf.
- FLL, 2000: Richtlinie für den Bau von Golfplätzen. Forschungsgesellschaft Landschaftsbau, Landschaftsentwicklung, Bonn.
- FLL, 2007: Golfanlagen als Teil der Kulturlandschaft. Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung, Bonn.
- HOPE, F., 1983: Rasen, bearbeitet von H. Schulz, Universität Hohenheim, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart.
- HUCK, M., 2000: Does Your Irrigation System Make The Grade? USGA Green section Record, Vol. 38, Nr. 5, S. 1 - 5.
- KLAPPROTH, A., 2006: Beregnungswasseranalyse, Gutachten NN.
- LEINAUER, B. 2009: Mündliche Mitteilungen, Head-Greenkeeper Kurs, Block 4, Deula Rheinland Kempen.
- LEINAUER, B. und H. SCHULZ, 1998: Bewässerung von Golfanlagen, Schonender Umgang mit Wasser, Deutscher Golf Verband e.V., Wiesbaden.
- MÜLLER-BECK, K.G., 1986: Pflege und Sanierung von Golfplätzen, Broschürenreihe des BGL. Nr. 20, S. 21.
- PAIR, C.H., W.W. HINZ, C. REID and K.R. FROST, 1983: Irrigation. Fifth Edition, Second Printing. Published by the Irrigation Association, Arlington, Virginia. 686 S. In Leinauer/Schulz, 1998.
- SKIRDE, W., 1978: Konstruktion und Vegetation bei Planung und Bau von Golfportanlagen, Broschürenreihe des BGL Nr. 20, S. 11.
- TORO, 2001-2002: Internationaler Beregnungsproduktkatalog, Toro Company Lyndale.