

Projektbeschreibung, Ergebnisse
Laufzeit: 11/2023 bis 06/2025
Stand: 20. Mai 2025



Optimierung der Bewässerung von Rasensportplätzen

Dr. Martin Müller, Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.

Zusammenarbeit:



Träger:



Landeshauptstadt
München
Baureferat
Hochbau

Projektleitung und Konzeption

Dr. Martin Müller

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen
in Bayern e.V. (ALB), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

E-Mail martin.mueller@alb-bayern.de

Internet <http://www.alb-bayern.de>

■ Ausgangssituation und Projektrahmen	4
■ Bewässerungs-App, Funktionsweise	9
■ Bisheriges Bewässerungsmanagement (betriebsüblich)	12
■ Bewässerungssteuerung mit der Bewässerungs-App	14
■ Bewertung der Wasserverteilgleichmäßigkeit und der Nutzungseffizienz	17
■ Bewertung des Bewässerungsbedarfs von 1995 bis 2024 (30 Jahre)	24
■ Erstellung eines Konzepts zum Umgang mit Trockenjahren / Wasserknappheit	29
■ Bewertung des zu erwartenden jährlichen Bewässerungsbedarfs bei 80 % Versorgungssicherheit	35
■ Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung	39
■ Zusammenfassung der Ergebnisse	42

Ausgangssituation und Projektrahmen

Ausgangssituation, allgemein

- Wasserherkunft bei Sportplatzbewässerung:
 - in München bisher überwiegend aus Trinkwasser und teilweise aus Grundwasser
- Bewässerungsmanagement durch Platzwarte:
 - bisher vorrangig nach Erfahrung und Gefühl (Termine, Gabenhöhe), Beregnung nachts
- Wasserverbrauch einzelner Anlagen:
 - exakter platzbezogener Verbrauch bishernicht bekannt
- Exakter platzbezogener Bewässerungsbedarf:
 - bisher nicht bekannt
- Zu erwarten:
 - Reglementierungen bzgl. Grundwassernutzung und evtl. Trinkwassernutzung



Projektziele

- Bewässerungssteuerung:
 - nach objektiven Kriterien, angepasst an den Bedarf der jeweiligen Rasenfläche, effizient, sparsam und mit möglichst wenig Verlusten
- Verwendetes Entscheidungsinstrument:
 - ALB-Bewässerungs-App; Verrechnung von Wetter- und Bodendaten sowie Kennzahlen zu Sportrasen und der Bewässerungstechnik
- Dokumentation:
 - exakte platzbezogene Erfassung aller einzelnen Maßnahmen (Termine, Mengen)
- Nutzung von Regenwasser:
 - Bewertung der Verwendung mit Hilfe der Bewässerungs-App



Arbeitsprogramm

- Weiterentwicklung der Bewässerungs-App zur Einbindung lokaler Messsensorik mit Funkübertragung
- In dieser Weise automatisierbare platzbezogene Prozesse:
 - Dokumentation der Bewässerung
 - Dokumentation lokaler Niederschläge
 - Verrechnung beider Größen zur Ableitung nachfolgender Bewässerungsmaßnahmen
- Einrichtung eines Benachrichtigungsdienstes zu anstehenden Bewässerungsmaßnahmen
 - personenbezogene Benachrichtigung (Platzwarte) am Vormittag des jeweiligen Tages per E-Mail und/oder SMS



Arbeitsprogramm (2)

- Bewertung der Wasserverteilgleichmäßigkeit und der Nutzungseffizienz an einem Sportplatz
- Bodenfeuchteanalysen im Labor und Bodensensormessungen zur Überprüfung und ggf. Neukalibrierung der Bewässerungs-App
- Festlegung des Wasserversorgungsniveaus der Rasenflächen (Rasenqualität ↔ Wassersparen)
- Bewertung des Nutzens beim Einsatz lokaler Niederschlagssensoren
- Bewertung des zu erwartenden jährlichen Wasserbedarfs bei 80% Versorgungssicherheit
- Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung
- Entwicklung eines Konzepts zum Umgang mit Wasserknappheit



Bewässerungs-App, Funktionsweise

Bewässerungsteuerung mit der Bewässerungs-App

Konzept

- Webbasiertes Entscheidungssystem
- Interaktives Werkzeug zur Planung, Steuerung und Dokumentation von Bewässerung
- Planungsinstrument zur Bemessung des Bedarfs
- Berechnung des besten Bewässerungszeitpunkts und der richtigen Wassermenge
- Berücksichtigung von 680 Wetterstationen, der Bodengüte, der genutzten Bewässerungstechnik und der angebauten Kultur
- Für landwirtschaftliche Kulturen, gärtnerische Kulturen und kommunale Grünflächen

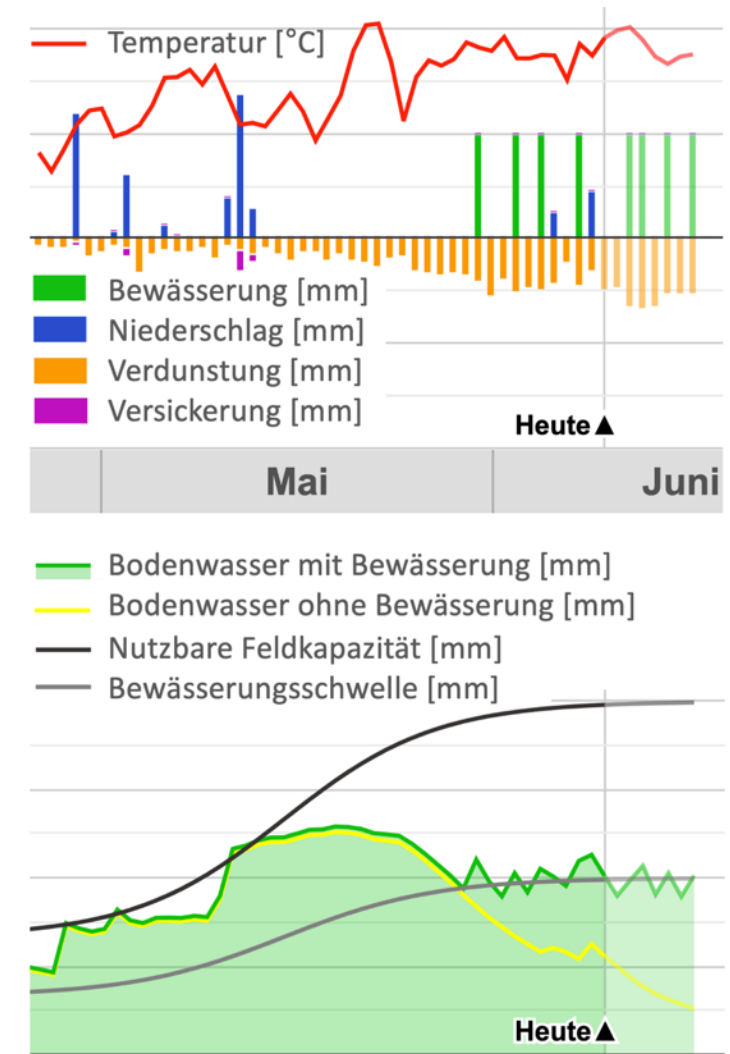


Bewässerungsteuerung mit der Bewässerungs-App

Funktionsprinzip auf Tagesbasis

- Berechnung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers
- Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität
- Berücksichtigung des Wurzelwachstums
- Kalkulation des Wasserverbrauchs der Pflanzen
- Festlegung des Versorgungsniveaus (Bewässerungsschwelle, Bewässerungsintervall)
- Bewässerungsempfehlung bei Erreichen der Schwelle
- Empfohlene Gabenhöhen stets abgestimmt auf freie Speicherkapazitäten im Wurzelraum

→ Wann?
→ Menge?



Ergebnisdarstellung, Ausschnitt

Bisheriges Bewässerungsmanagement (betriebsüblich)

Bewässerungsmanagement 2024

„betriebsüblich“

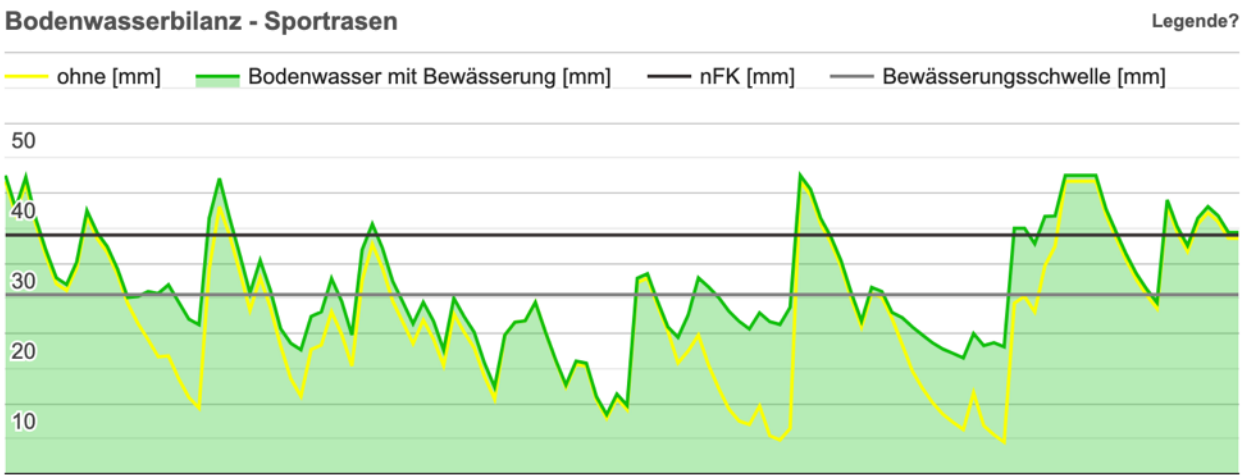
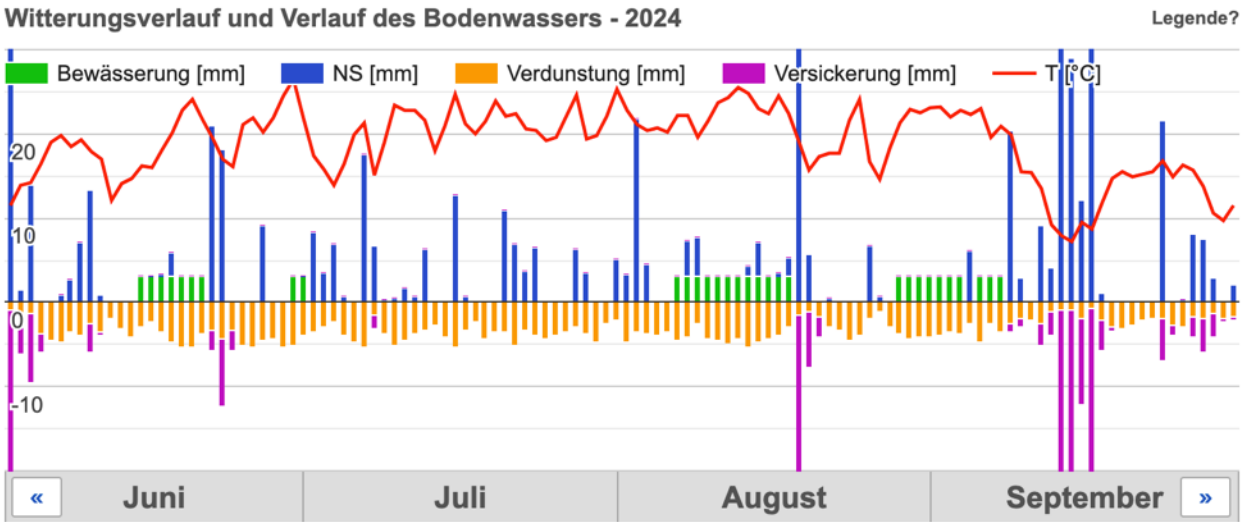
Bewässerungskonzept der Platzwarte zu Rasensportplätzen:

Bei ausbleibenden Niederschlägen während der Saison von Mitte April bis Mitte Oktober

1 Beregnungsgang / Tag
(nachts ab 22.00 Uhr)
Jeder der 10 Regner läuft für 10 Minuten;
entspricht 3 mm / Tag

(mündliche Auskunft, Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee 17)

Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Summenwerte von 01.03.2024 bis 31.10.2024

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
Bewässerung	0 mm	171 mm	171 mm
Niederschlag NS	924 mm	924 mm	0 mm
Verdunstung	589 mm	696 mm	106 mm
Versickerung	339 mm	403 mm	64 mm

Bewässerungssteuerung mit der Bewässerungs-App

Bewässerungssteuerung mit der Bewässerungs-App

Benutzeroberfläche, Einstellungen

Wetterstation: DWD-München-Stadt

Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%

10 bis 20 cm: 14 Vol.-%

Ø 0 bis 20 cm:
17 Vol.-%

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK

Beregnung nachts ab 22.00 Uhr.

12 mm / Beregnungsgang

Empfehlungen
per SMS

The screenshot shows the settings interface of the 'Bewässerungs-App'. It is organized into several sections, each with a 'Hilfe?' link. Yellow arrows point to the following fields:

- Standort und Jahr:**
 - Regionen:** Bayern
 - Wetterstation:** München-Stadt, München M
 - Auswertungsjahr:** 2025
 - Bemessung des Bedarfs:** 20 Jahre rückwirkend als Ben
- Bodeneigenschaften:**
 - Bodenart:** mittel, stark lehmiger Sand (II)
 - Unterboden / Bodenart ab 30cm:** Wie Oberboden
 - Durchwurzelbarkeit des Bodens:** bis 20 cm
 - nFK Oberboden:** 17 Vol.-%
 - nFK Unterboden:** Wie Oberboden
- Kulturbestand:**
 - Fruchtart:** Sportrasen
 - Vegetationsbeginn:** 01.03.2025
 - Wurzeltiefe, maximal:** bis 30 cm
- Bewässerungssystem und Auflage:**
- Bewässerungssteuerung - Sollwerte:**
 - Start der Bewässerungsperiode:** 01.03.2025 vom System bere
 - Ende der Bewässerungsperiode:** 31.10.2025 vom System bere
 - Bewässerungsschwelle:** 50% nFK
 - Wassergabe:** 12 l/qm
 - Mindestintervall der Wassergaben:** Täglich
 - Wasserangebotsstufe:** 90%
- Berechnungszeitraum**
- Korrekturen**
- Wetterprognose**
- Ergebnisauswahl:** Auswertung berechnen »

Other visible options include: In Schlag speichern » and Bewässerungs-App Mobil ».

Bewässerungssteuerung 2024 mit der Bewässerungs-App

Wetterstation: DWD-München-Stadt

Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

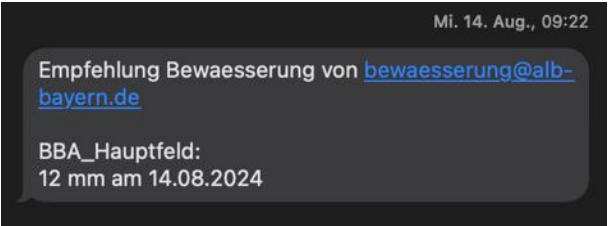
Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%
10 bis 20 cm: 14 Vol.-%

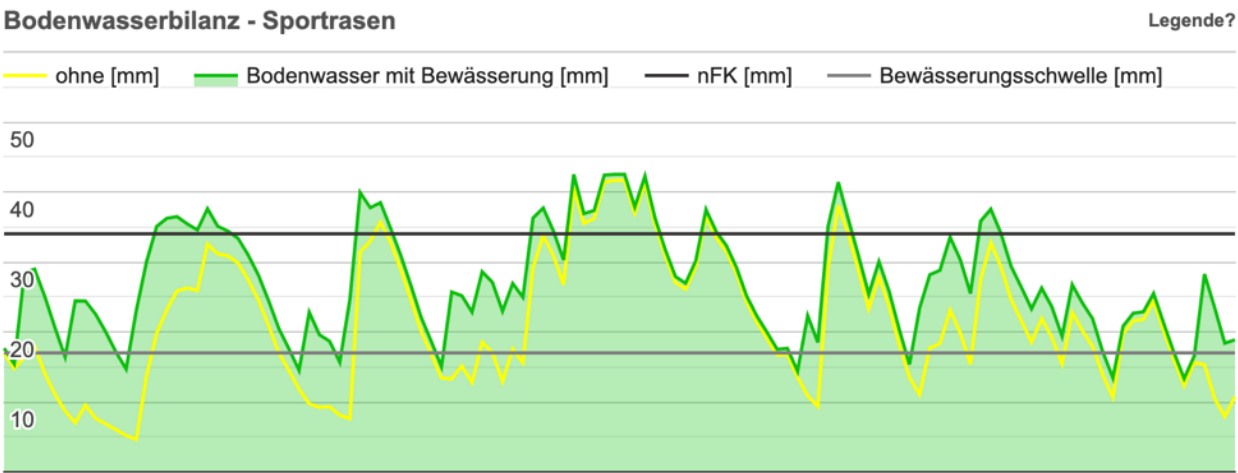
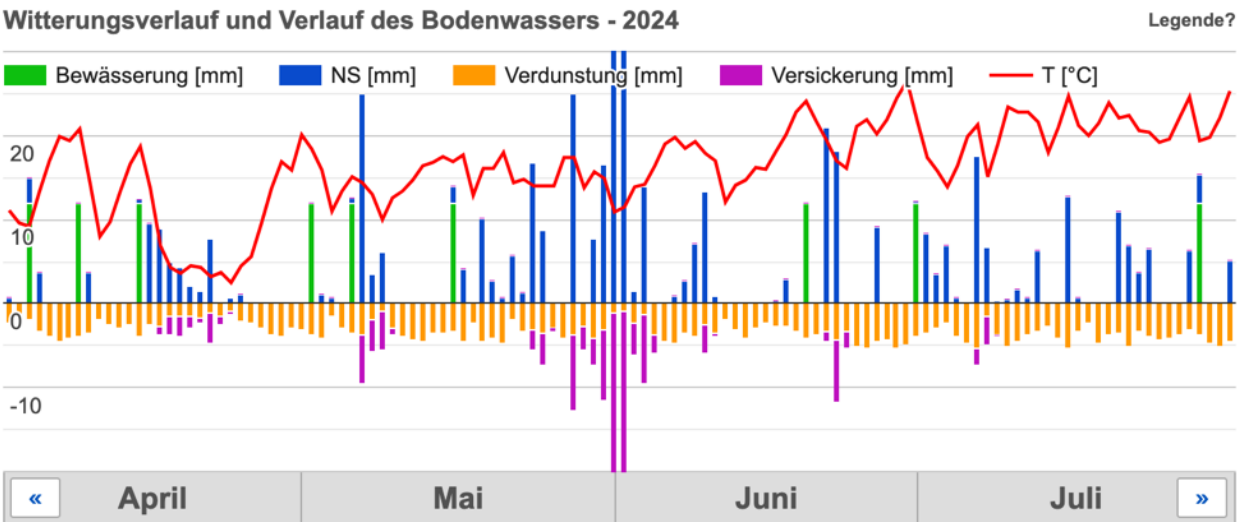
Ø 0 bis 20 cm:
17 Vol.-%

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK
Beregnung nachts ab 22.00 Uhr.
12 mm / Beregnungsgang

Empfehlungen
per SMS



Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Summenwerte von 01.03.2024 bis 31.10.2024

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
Bewässerung	0 mm	168 mm	168 mm
Niederschlag NS	924 mm	924 mm	0 mm
Verdunstung	589 mm	683 mm	93 mm
Versickerung	339 mm	413 mm	74 mm

Bewertung der Wasserverteilgleichmäßigkeit und der Nutzungseffizienz

Ermittlung der Wasserverteilmäßigkeit

1. Termin: 02. Mai 2024

Betriebsüblicher Beregnungsgang
10 Regner mit je 10 Minuten
Laufzeit (Summe 100 Minuten)

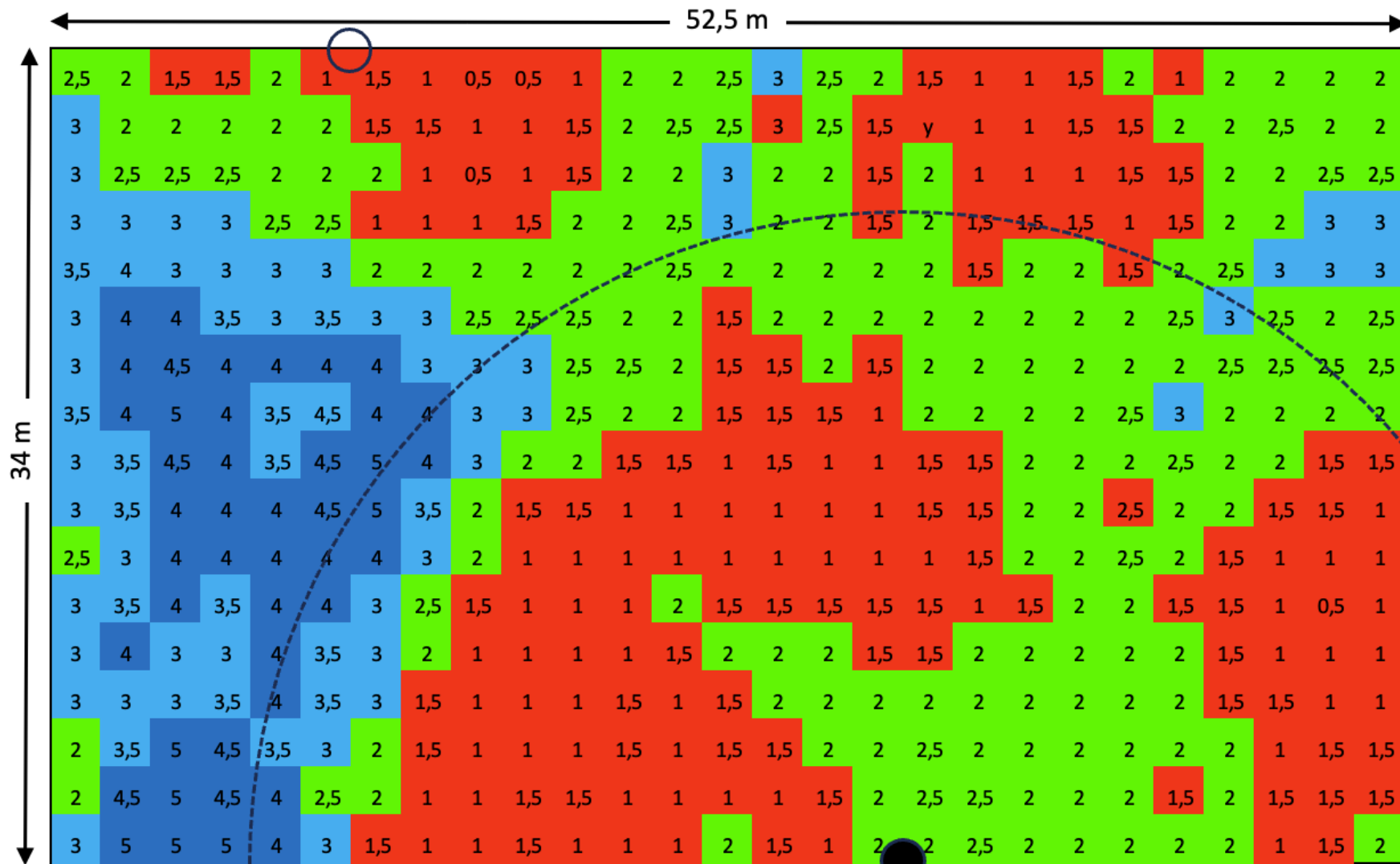
Ermittlung der Gabenhöhe an
450 Messstellen im Raster von
2 x 2 Meter

Bezirkssportanlage Bert-Brecht-
Allee 17, Rasenfläche „Hauptfeld“

Zusammenarbeit:



Ermittlung der Wasserverteilgleichmäßigkeit



Technische Empfehlung:

2 Hauptregner im Mittelfeld
sollten doppelt so lange
laufen wie andere Regner;
war bisher nicht der Fall

Ø-Gabenhöhe: 3,25 mm
bis 1,5 mm: 35 Flächen-%
4 - 5 mm: 10 Flächen-%

Berechnungsmengen in mm
im 2 x 2 Meter-Raster
auf etwa einem Viertel
der Spielfeldfläche
nach einem 100-minütigen
Beregnungsgang;
schwarzer Ring = Regner Nr. 6,
schwarzer Kreis = Regner Nr. 1

Zusammenarbeit:

Ermittlung der Wasserverteilgleichmäßigkeit

2. Termin: 29./ 30 Juli 2024

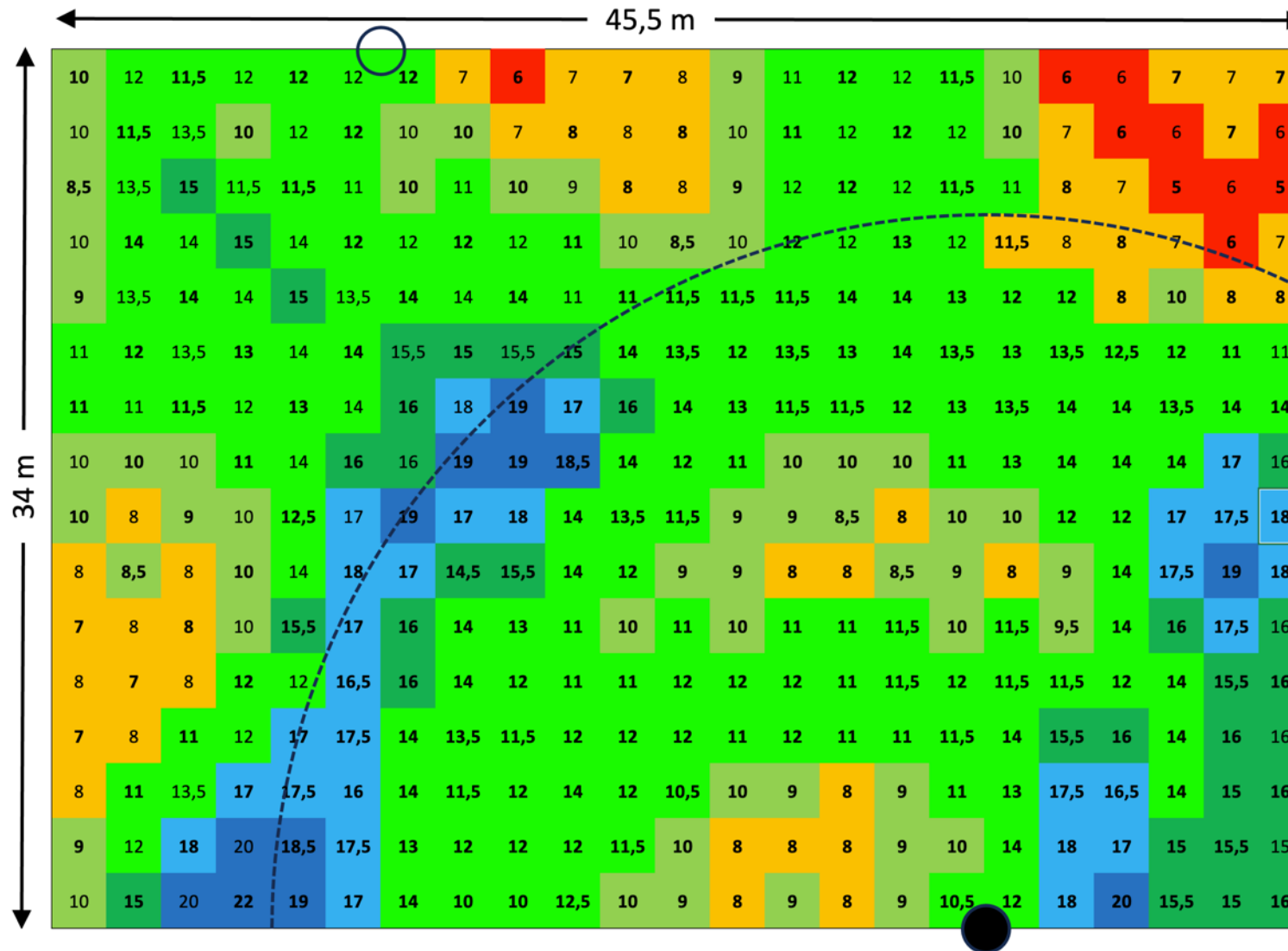
Angepasster Beregnungsgang
2 Hauptregner mit je 65 Minuten
und 8 Regner mit je 32 Minuten
Laufzeit (Summe 480 Minuten)

Ermittlung der Gabenhöhe an
280 Messstellen, im Bereich des
Hauptregners im Raster von
2 x 2 Meter, außerhalb zum Teil
Interpolation

Bezirkssportanlage Bert-Brecht-
Allee 17, Rasenfläche „Hauptfeld“



Ermittlung der Wasserverteilgleichmäßigkeit



Ø-Gabenhöhe: 12,1 mm

bis 6 mm: 3 Flächen-%

18-22 mm: 5 Flächen-%

Ermittlung der
Verteilgleichmäßigkeit bei
einem Bewässerungsgang in
der Nacht von 29. auf 30. Juli
2024;
schwarzer Ring = Regner Nr. 6,
schwarzer Kreis = Regner Nr. 1

Beregnungshöhe, teilflächenspezifisch, je Beregnungsgang

Wasserzuteilung		Gabenhöhe, Ø		Fläche		Gabenhöhe	
		/ mm	/ %	/ m ²	/ %	/ m ³	/ %
gering	5 - 8 mm	7,4	61	214	15	1,584	9
mittelhoch	8 - 16 mm	12,1	100	1.070	74	12,947	74
hoch	16 - 22 mm	18,0	149	156	11	2,808	16
Mittelwert		12,1	100	1.440	100	17,424	100

Nach Anpassung der
Laufzeiten der einzelnen
Regner,
gemessen in der Nacht
von 29. auf 30. Juli 2024

Bewertung der Nutzungseffizienz

Anteil an der Beregnungsgabe, der von den Rasenpflanzen aufgenommen wird und Anteil, der versickert

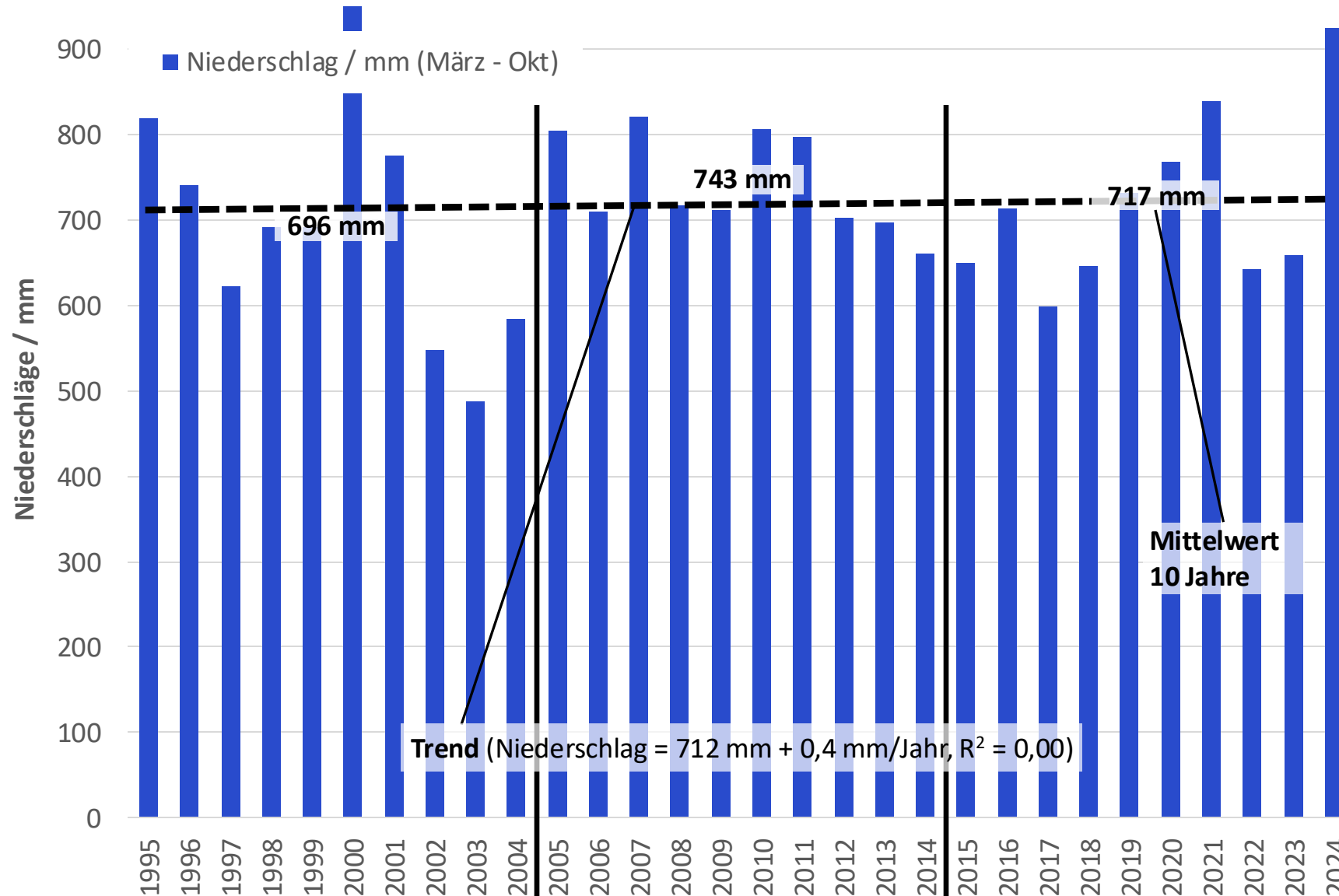
Gabenhöhe, Ø		Gabenhöhe	Verdunstung	Versickerung	Verdunstung	Versickerung
/ mm	/ %	/ m ³	(Rasen) / %	/ %	(Rasen) / m ³	/ m ³
7,4	61	1,584	78	22	1,235	0,348
12,1	100	12,947	70	30	9,063	3,884
18,0	149	2,808	52	48	1,460	1,348
12,1	100	17,424			11,758	5,580
					68%	32%

Je größer, desto besser!

Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee, Hauptfeld;
20 Jahre (2005 bis 2024);
Kalkulation mittels Bewässerungs-App

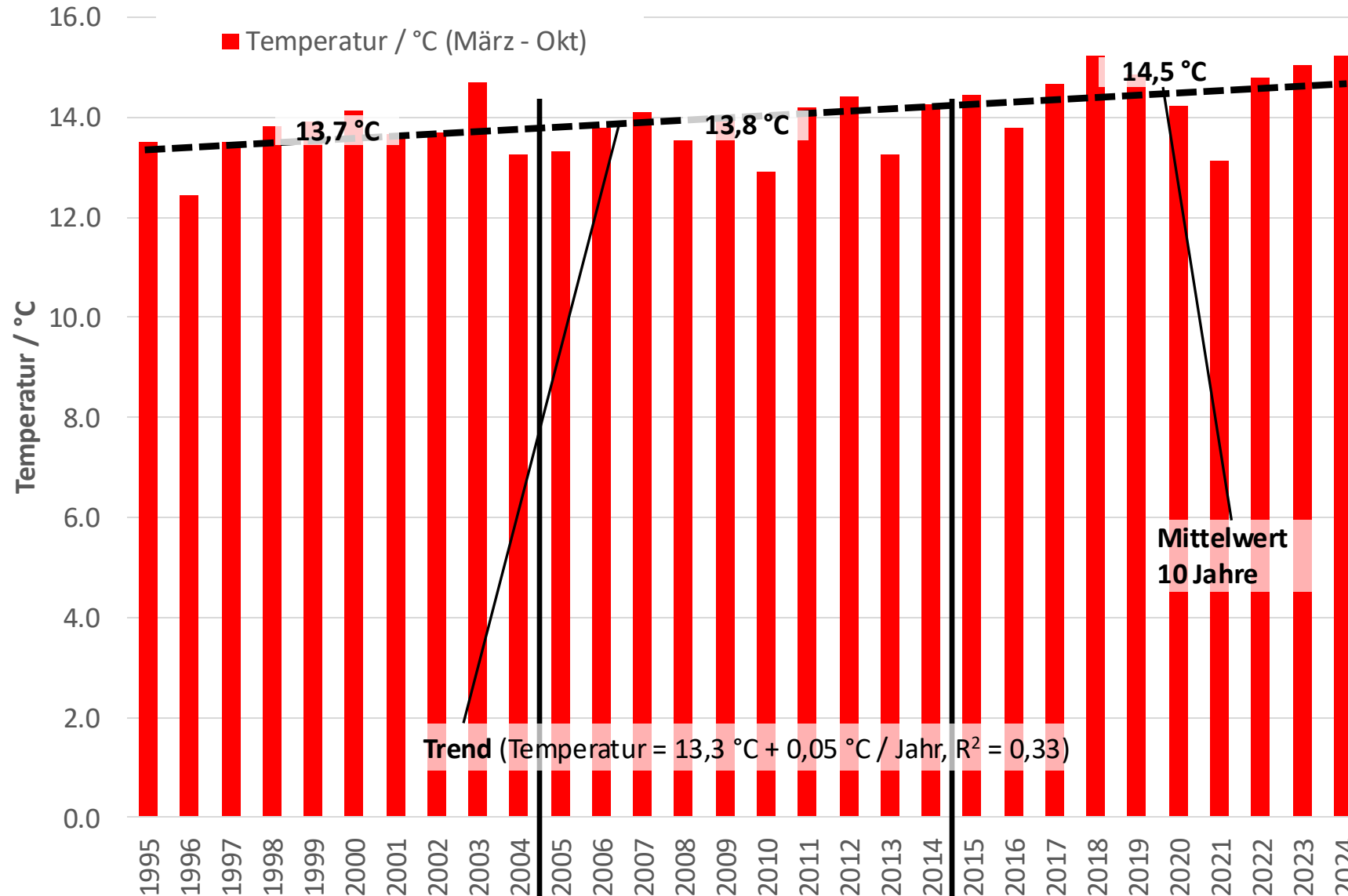
Bewertung des Bewässerungsbedarfs von 1995 bis 2024 (30 Jahre)

Entwicklung der Niederschläge während der Vegetationszeit



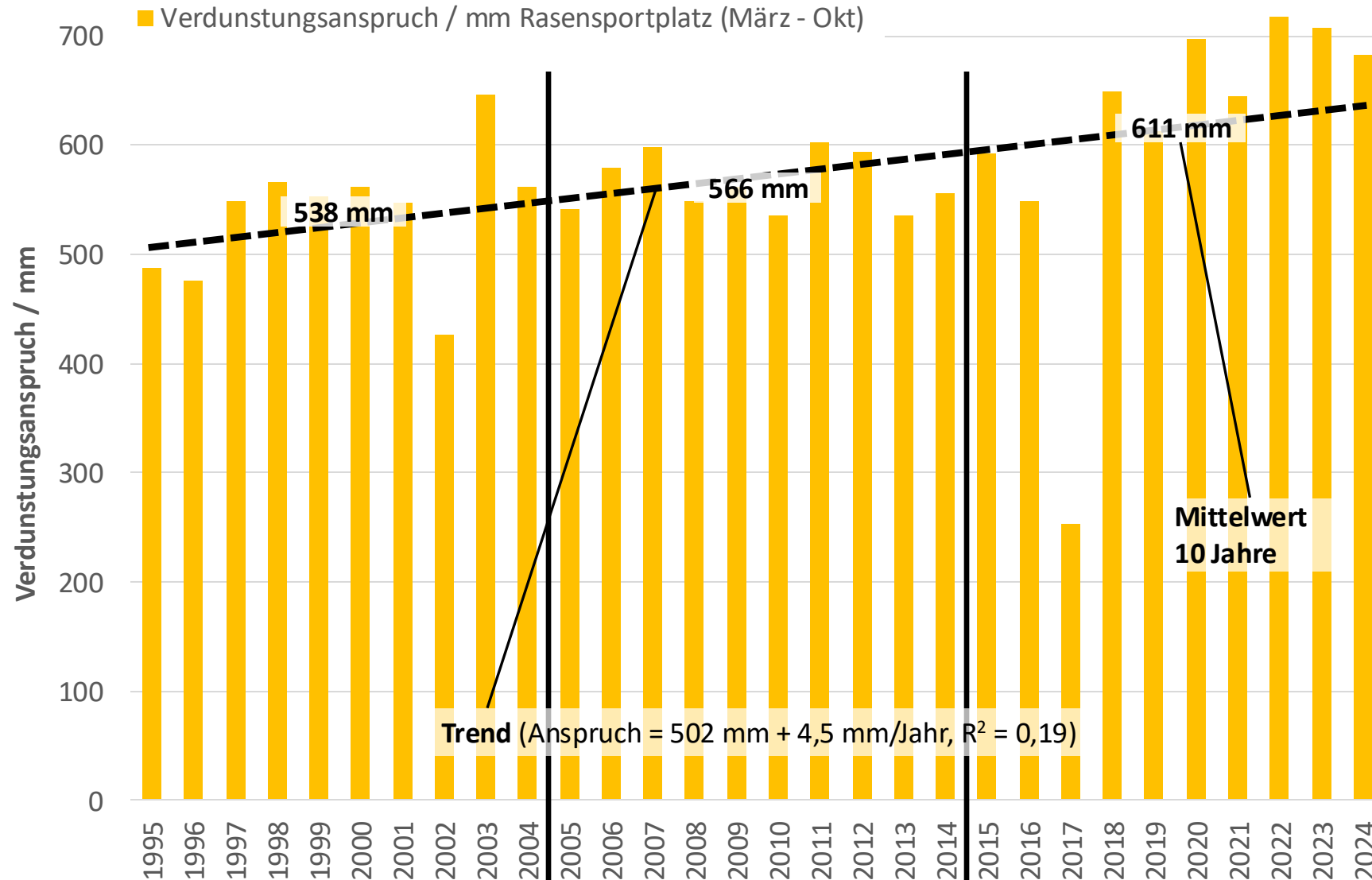
**Niederschläge
während der Vegetationszeit
(Summe März bis Oktober)
von 1995 bis 2024 (30 Jahre);
DWD-Station München-Stadt**

Entwicklung der Temperaturen während der Vegetationszeit



Temperaturen
während der Vegetationszeit (Ø
März bis Oktober)
von 1995 bis 2024 (30 Jahre);
DWD-Station München-Stadt

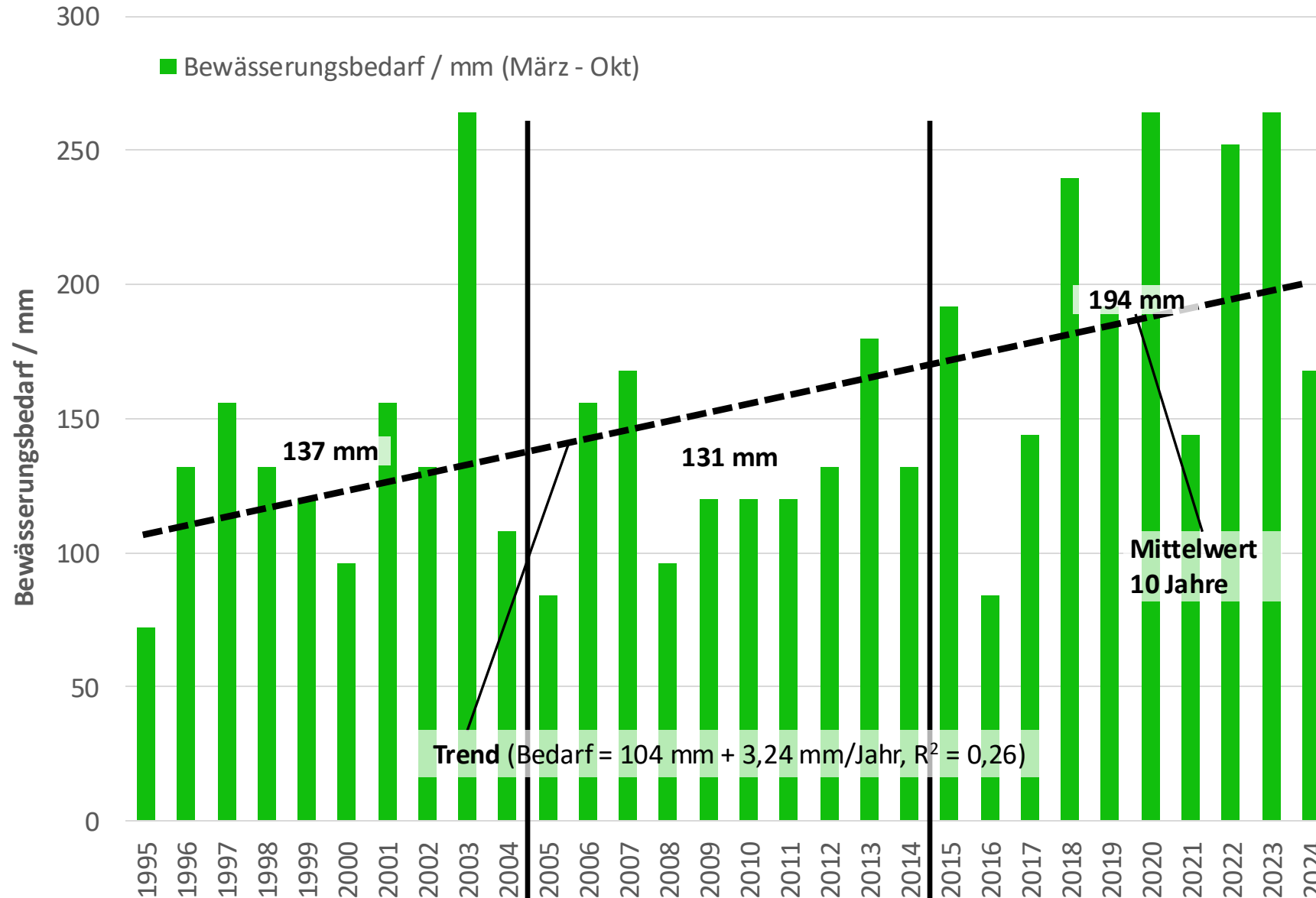
Entwicklung des Verdunstungsanspruchs, Rasensportplatz



Verdunstungsanspruch eines Rasensportplatzes in München (Summe März bis Oktober) von 1995 bis 2024 (30 Jahre); DWD-Station München-Stadt

Kalkulation mittels Bewässerungs-App

Entwicklung des Bewässerungsbedarfs, Rasensportplatz



Möglicher Klimawandelzuschlag

3,24 mm / Jahr

Etwa 32 mm / 10 Jahre bzw.
im Ø der nächsten 20 Jahre

**Bewässerungsbedarf eines
Rasensportplatzes in München
(Summe März bis Oktober)
von 1995 bis 2024 (30 Jahre);
nFK = 17 Vol.-%,
Bodenauflage 20 cm,
DWD-Station München-Stadt**

Kalkulation mittels
Bewässerungs-App

Erstellung eines Konzepts zum Umgang mit Trockenjahren / Wasserknappheit

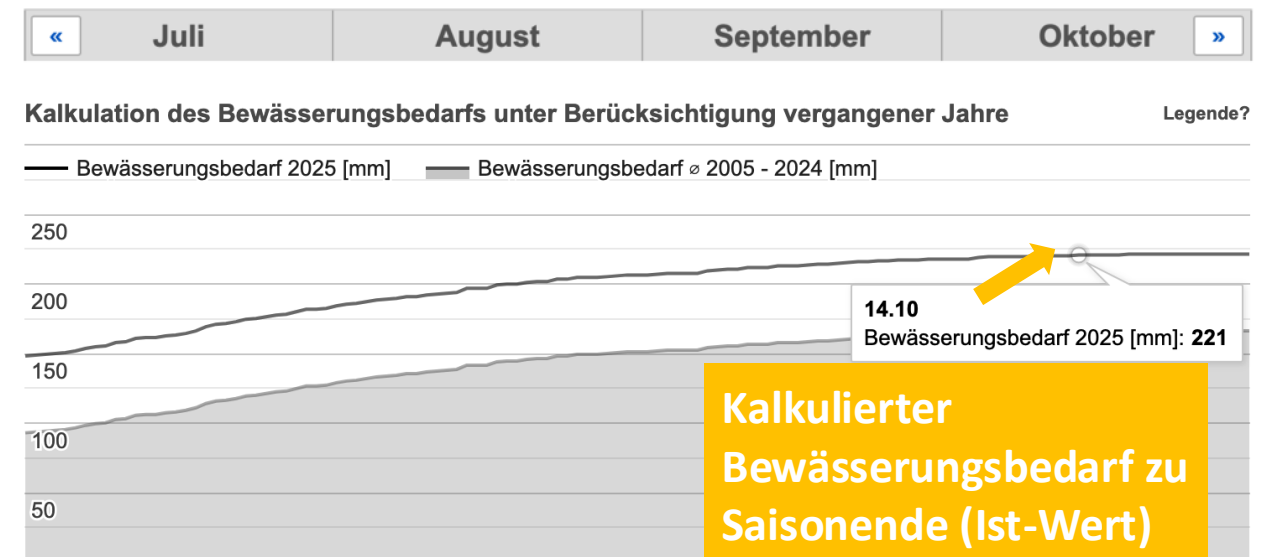
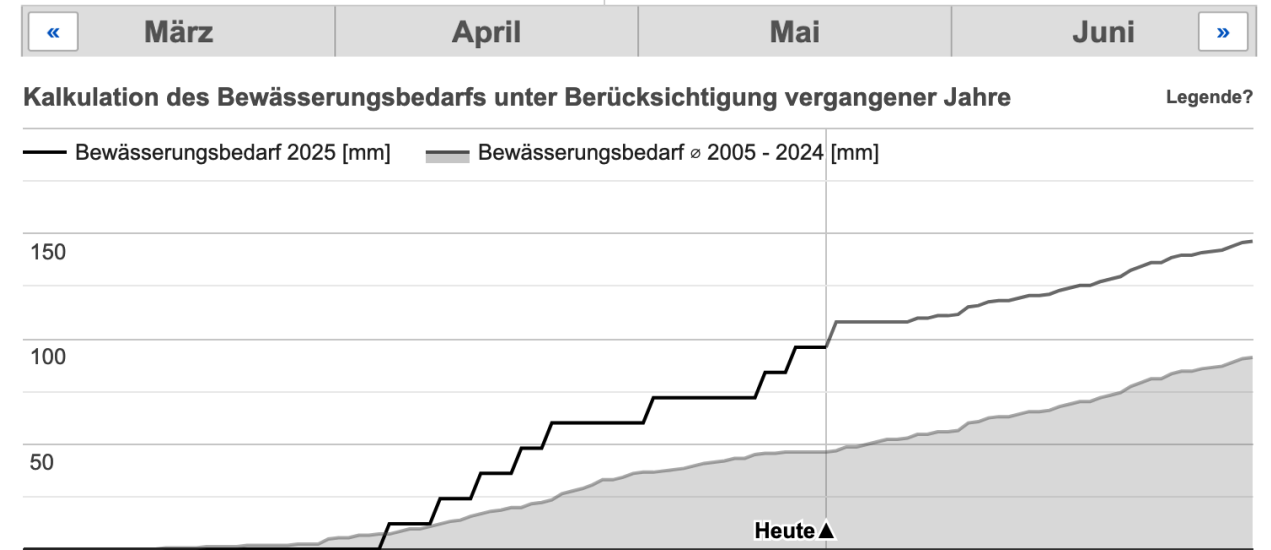
Umgang mit Trockenjahren / Wasserknappheit (Saison 2025)

Kalkulation des saisonalen Bewässerungsbedarfs

Bemessungsgrundlage:

- In der laufenden Saison bereits erfolge Berechnungsgänge
- Noch zu erwartende Berechnungsgänge gemäß Wettervorhersage (8 Tage)
- Noch zu erwartende Berechnungsgänge bis Saisonende gemäß Mittelwert vergangener Jahre

Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Umgang mit Trockenjahren / Wasserknappheit (Saison 2025)

Bei Bedarf Anpassung des Versorgungsniveaus

- Abgleich des kalkulierten Bewässerungsbedarfs zu Saisonende (**Istwert**) mit ...
- ... der max. möglichen Bewässerungsmenge
- Falls Istwert >> Sollwert max. → Erhöhung des Mindestintervalls der Wassergaben

**Sollwert max. =
192 mm / Saison**

▼ Bewässerungssteuerung - Sollwerte

Start der Bewässerungsperiode
01.03.2025 vom System berei ▾

Ende der Bewässerungsperiode
31.10.2025 vom System berei ▾

Bewässerungsschwelle
50% nFK ▾

Wassergabe
12 l/qm ▾

Mindestintervall der Wassergaben
✓ Täglich
Jeden 2. Tag
Jeden 3. Tag
Jeden 4. Tag
Jeden 5. Tag
Jeden 6. Tag
Jeden 7. Tag
Jeden 8. Tag

Wasserangebotsstufe
90% ▾

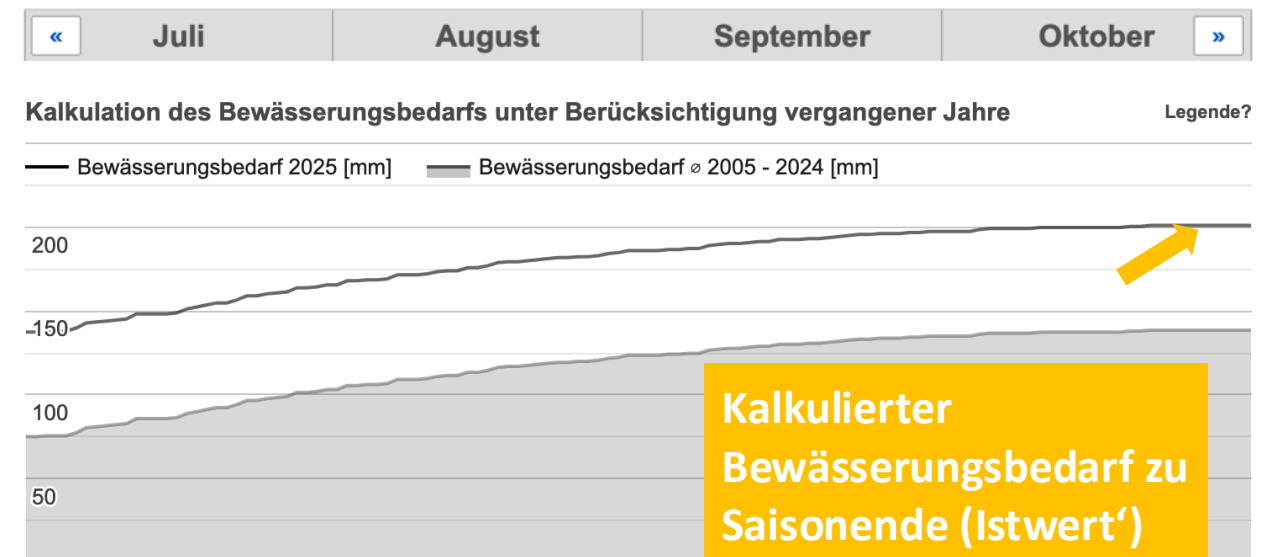
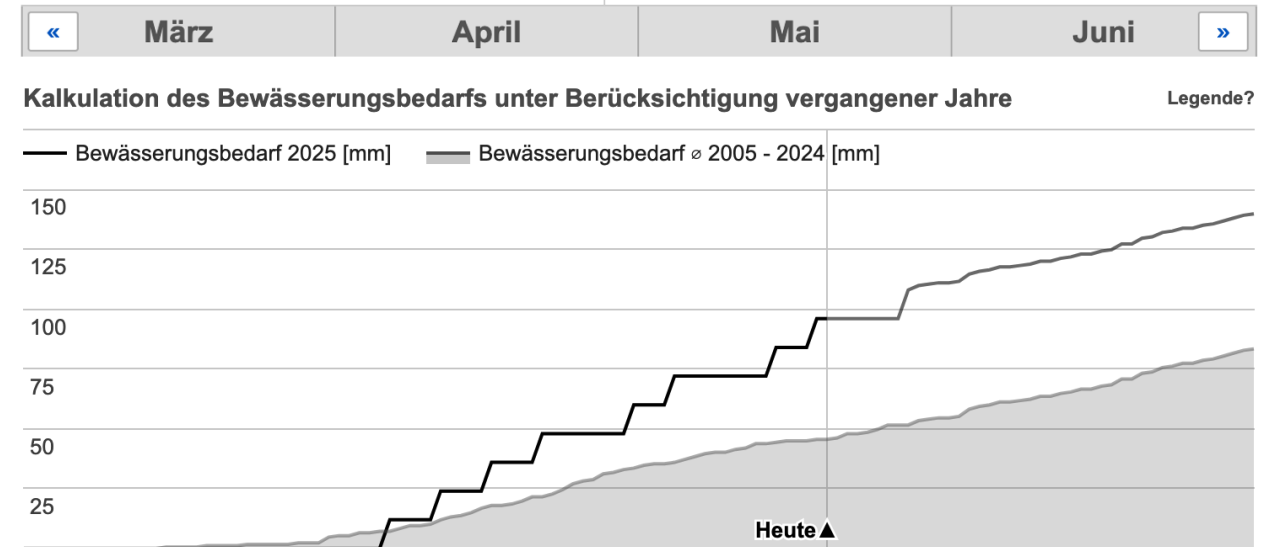
► Berechnungszeitraum

► Korrekturen

► Wetterprognose

► Ergebnisauswahl

Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Bewässerungsmanagement 2023

„betriebsüblich“

Bewässerungskonzept der Platzwarte zu Rasensportplätzen:

Bei ausbleibenden Niederschlägen während der Saison von Mitte April bis Mitte Oktober

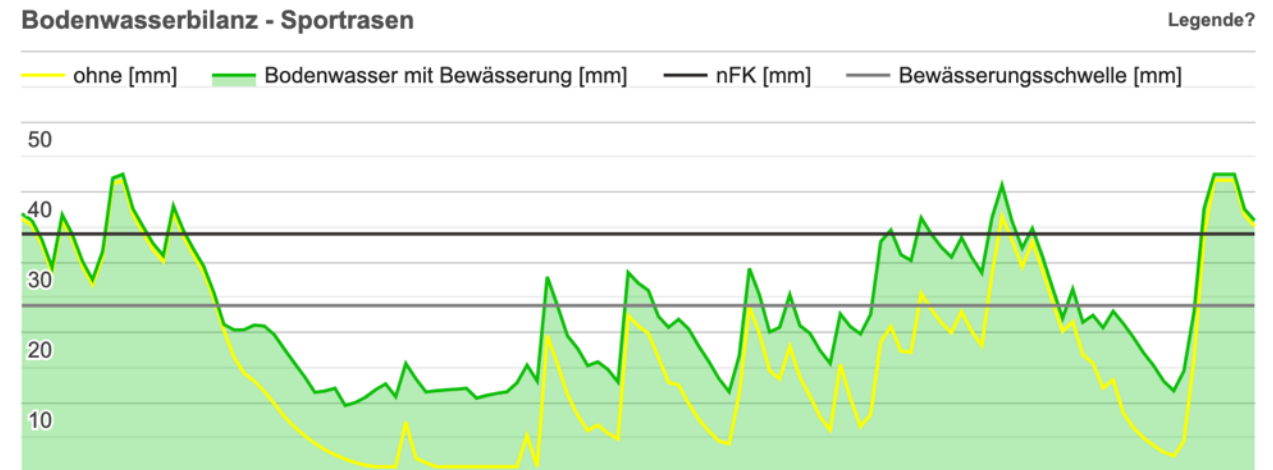
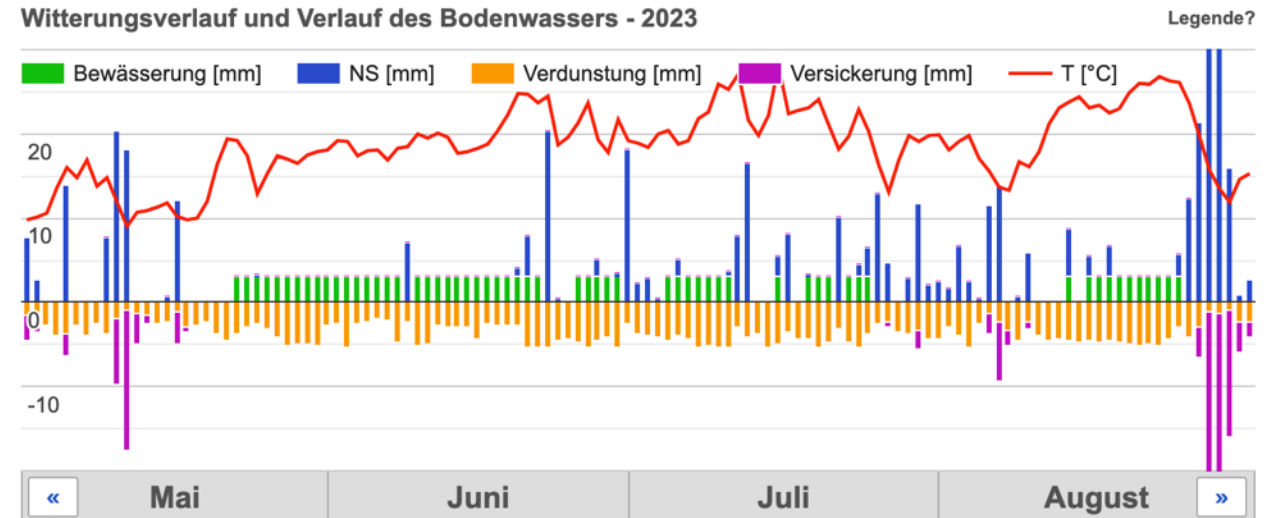
1 Beregnungsgang / Tag

(nachts ab 22.00 Uhr)

Jeder der 10 Regner läuft für 10 Minuten; entspricht 3 mm / Tag

(mündliche Auskunft, Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee 17)

Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Summenwerte von 01.03.2023 bis 31.10.2023

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
Bewässerung	0 mm	270 mm	270 mm
Niederschlag NS	659 mm	659 mm	0 mm
Verdunstung	481 mm	708 mm	227 mm
Versickerung	180 mm	220 mm	39 mm

Bewässerungssteuerung 2023 mit der Bewässerungs-App

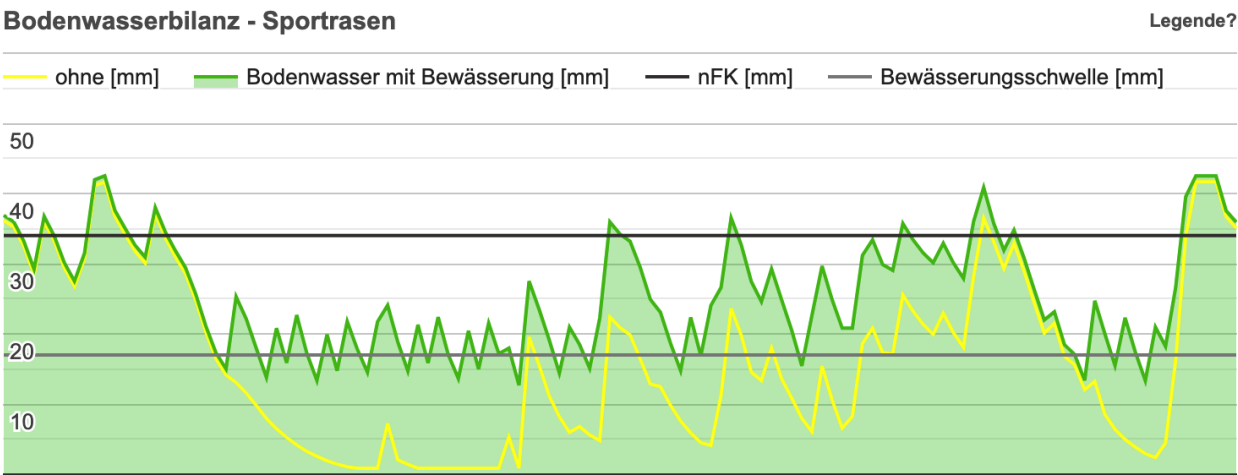
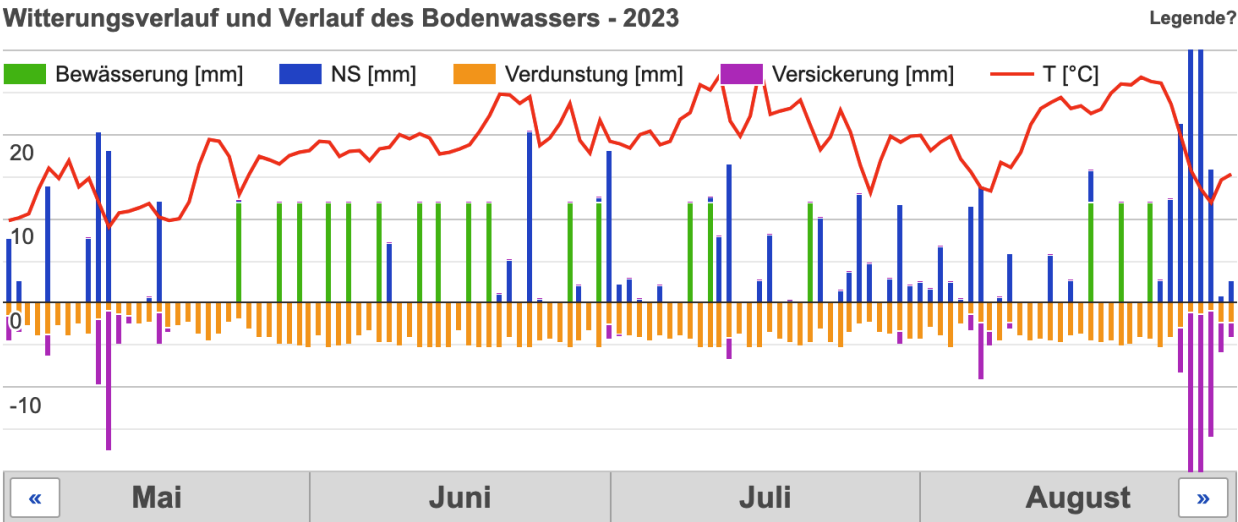
Wetterstation: DWD-München-Stadt
Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%	Ø 0 bis 20 cm: 17 Vol.-%
10 bis 20 cm: 14 Vol.-%	

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK
Beregnung nachts ab 22.00 Uhr.
12 mm / Beregnungsgang

Kalkulation mittels Bewässerungs-App



Summenwerte von 01.01.2023 bis 31.10.2023

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
■ Bewässerung	0 mm	288 mm	288 mm
■ Niederschlag NS	712 mm	712 mm	0 mm
■ Verdunstung	495 mm	741 mm	246 mm
■ Versickerung	198 mm	237 mm	38 mm

Bewässerungssteuerung 2023 mit der Bewässerungs-App – Berücksichtigung Trockenjahr / Wasserknappheit

Wetterstation: DWD-München-Stadt

Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%

10 bis 20 cm: 14 Vol.-%

Ø 0 bis 20 cm:
17 Vol.-%

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK

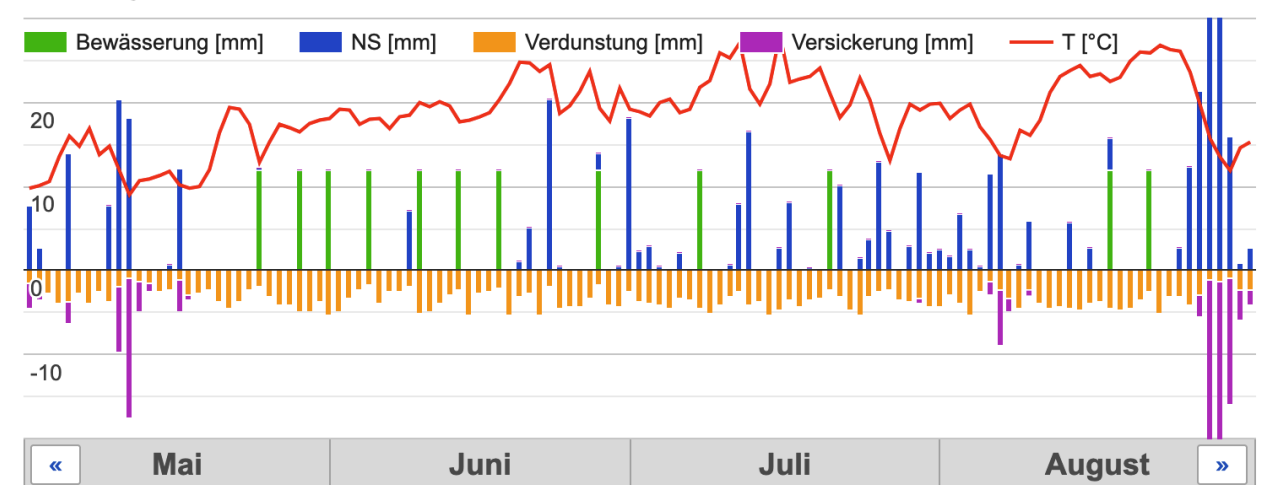
Beregnung nachts ab 22.00 Uhr.

12 mm / Beregnungsgang

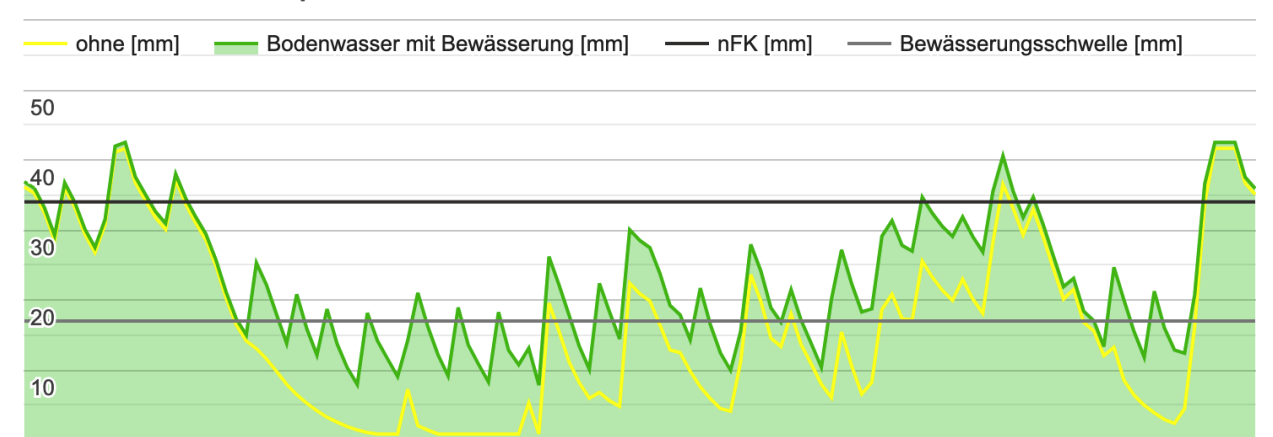
**Reduzierung des Versorgungsniveaus:
ab Juni Beregnung max. jeden 4. Tag**

Kalkulation mittels Bewässerungs-App

Witterungsverlauf und Verlauf des Bodenwassers - 2023



Bodenwasserbilanz - Sportrasen



Summenwerte von 01.03.2023 bis 31.10.2023

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
■ Bewässerung	0 mm	192 mm	192 mm
■ Niederschlag NS	659 mm	659 mm	0 mm
■ Verdunstung	480 mm	653 mm	172 mm
■ Versickerung	180 mm	197 mm	16 mm

Bewertung des zu
erwartenden jährlichen
Bewässerungsbedarfs bei
80 % Versorgungssicherheit

Vergleich: Bewässerungsbedarf 2005 bis 2024 „betriebsüblich“



Bewässerungskonzept der Platzwarte zu Rasensportplätzen:

Bei ausbleibenden Niederschlägen
während der Saison
von Mitte April bis Mitte Oktober

1 Beregnungsgang / Tag

(nachts ab 22.00 Uhr)

Jeder der 10 Regner läuft für 10 Minuten;
entspricht 3 mm / Tag

(mündliche Auskunft,
Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee 17)

Kalkulation mittels Bewässerungs-App

Jahr	Zusatzwasserbedarf	Versorgungssicherheit
2020	273 mm	20 von 20 Jahre (100 %)
2023	270 mm	19 von 20 Jahre (95 %)
2018	258 mm	18 von 20 Jahre (90 %)
2022	249 mm	17 von 20 Jahre (85 %)
2015	219 mm	16 von 20 Jahre (80 %)
2019	201 mm	15 von 20 Jahre (75 %)
2007	180 mm	14 von 20 Jahre (70 %)
2006	177 mm	13 von 20 Jahre (65 %)
2024	174 mm	12 von 20 Jahre (60 %)
2017	168 mm	11 von 20 Jahre (55 %)
2013	165 mm	10 von 20 Jahre (50 %)
2009	156 mm	9 von 20 Jahre (45 %)
2012	156 mm	9 von 20 Jahre (45 %)
2021	150 mm	7 von 20 Jahre (35 %)
2011	147 mm	6 von 20 Jahre (30 %)
2014	144 mm	5 von 20 Jahre (25 %)
2010	135 mm	4 von 20 Jahre (20 %)
2005	120 mm	3 von 20 Jahre (15 %)
2008	120 mm	3 von 20 Jahre (15 %)
2016	108 mm	1 von 20 Jahre (5 %)
Ø 2005 bis 2024	179 mm	13 von 20 Jahre (65 %)

Bewässerungsbedarf 2005 bis 2024 gemäß Bewässerungs-App



Wetterstation: DWD-München-Stadt

Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%

10 bis 20 cm: 14 Vol.-%

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK

12 mm / Beregnungsgang

Kalkulation mittels Bewässerungs-App

Jahr	Zusatzwasserbedarf	Versorgungssicherheit
2023	288 mm	20 von 20 Jahre (100 %)
2020	276 mm	19 von 20 Jahre (95 %)
2022	264 mm	18 von 20 Jahre (90 %)
2018	240 mm	17 von 20 Jahre (85 %)
2019	192 mm	16 von 20 Jahre (80 %)
2015	192 mm	16 von 20 Jahre (80 %)
2013	192 mm	16 von 20 Jahre (80 %)
2024	168 mm	13 von 20 Jahre (65 %)
2007	168 mm	13 von 20 Jahre (65 %)
2006	168 mm	13 von 20 Jahre (65 %)
2021	156 mm	10 von 20 Jahre (50 %)
2017	156 mm	10 von 20 Jahre (50 %)
2014	132 mm	8 von 20 Jahre (40 %)
2012	132 mm	8 von 20 Jahre (40 %)
2011	120 mm	6 von 20 Jahre (30 %)
2010	120 mm	6 von 20 Jahre (30 %)
2009	120 mm	6 von 20 Jahre (30 %)
2008	96 mm	3 von 20 Jahre (15 %)
2016	84 mm	2 von 20 Jahre (10 %)
2005	84 mm	2 von 20 Jahre (10 %)
Ø 2005 bis 2024	167 mm	10 von 20 Jahre (50 %)

Bewässerungsbedarf 2005 bis 2024 gemäß Bewässerungs-App



Begrenzung der Bewässerung gemäß 80 % Versorgungssicherheit

Wetterstation: DWD-München-Stadt

Durchwurzelungstiefe Rasenfläche: 20 cm

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens:

0 bis 10 cm: 20 Vol.-%

10 bis 20 cm: 14 Vol.-%

Bewässerungsschwelle: 50 % nFK
12 mm / Beregnungsgang

**Moderate Reduzierung des Versorgungsniveaus
in besonders trockenen Jahren;**

**zusätzliche Ø-Einsparung / Trockenjahr:
75 mm = 28 %**

Kalkulation mittels Bewässerungs-App

Jahr		Zusatzwasserbedarf	Versorgungssicherheit
2023	Tolerierung moderater Trockenstress	192 mm	288 mm
2020		192 mm	276 mm
2022		192 mm	264 mm
2018		192 mm	240 mm
2019		192 mm	192 mm
2015	Sollwert max. = 192 mm / Saison	192 mm	192 mm
2013		192 mm	192 mm
2024		168 mm	168 mm
2007		168 mm	168 mm
2006		168 mm	168 mm
2021		156 mm	156 mm
2017	Bewässerung nach Bedarf	156 mm	156 mm
2014		132 mm	132 mm
2012		132 mm	132 mm
2011		120 mm	120 mm
2010		120 mm	120 mm
2009		120 mm	120 mm
2008		96 mm	96 mm
2016		84 mm	84 mm
2005		84 mm	84 mm
Ø 2005 bis 2024		152 mm	167 mm
		zusätzliche Ø-Einsparung / Jahr: 15 mm = 9 %	
			10 von 20 Jahre (50 %)

Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung

Konzept der Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung

Rahmendaten

- Bewässerung Rasensportplatz: Hauptfeld, Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee 17 (nutzbare Feldkapazität: 17 Vol.-%, Bodenaufgabe/ Durchwurzelungstiefe: 20 cm)
- Bemessungsgrundlage: 20 Jahre (2005 bis 2024), DWD-Station München-Stadt
- Bewässerungssteuerung gemäß Bewässerungs-App, Beregnungshöhe 12 mm
- Begrenzung gemäß 80 % Versorgungssicherheit (Sollwert max. = 192 mm / Saison)
- Fläche „Beregnung“ = „Fläche Hauptfeld“ = Fläche „Niederschlag Sammeln“ = 5.824 m²

Konzept: Bilanzierung der Füllmenge der Zisterne auf Tagesbasis

z.B. Kunstrasen-
sportplatz

$$\begin{aligned} \text{Füllmenge Zisterne} = & \text{Füllmenge Vortag [l]} \\ & + \text{Niederschlag aktueller Tag [mm]} \times \text{Fläche „Niederschlag Sammeln“ [m}^2\text{]} \\ & - \text{Beregnungshöhe [mm]} \times \text{Fläche „Beregnung“ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Ist die Füllmenge an Tagen mit Beregnung ausreichend, wird Regenwasser verwendet, ansonsten kommt Brunnen-/ Trinkwasser zum Einsatz.

Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung

Anteilig mögliche Regenwassernutzung - Mittelwert aus 20 Jahren (2005 bis 2024) - in Abhängigkeit des Speichervolumens der Zisterne, sofern die Fläche, auf der Niederschläge gesammelt werden, der zu bewässernde Fläche eines Rasensportplatzes entspricht

	Speichervolumen Zisterne / m ³							
	752	700	600	500	400	300	200	100
Fläche Beregnung / m ²	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824
Fläche Niederschlag Sammeln / m ²	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824
Verdunstung bei Niederschlag / mm	3	3	3	3	3	3	3	3
Regenwassernutzung / mm	150	149	148	146	137	127	101	57
Brunnen-/Trinkwassernutzung / mm	0	1	2	4	13	23	49	93
Regenwassernutzung / %	100	100	99	97	91	85	68	38
Brunnen-/Trinkwassernutzung / %	0	0	1	3	9	15	32	62

Annahme: Bei jedem Niederschlag verdunsten auf dem Kunstrasensportplatz kalkulatorisch die ersten 3 mm; diese können nicht gesammelt werden.

Für weitere Kalkulationen lassen sich die genannten Parameter beliebig variieren.

**Bezirkssportanlage Bert-Brecht-Allee, Hauptfeld;
20 Jahre (2005 bis 2024);
Kalkulation mittels Bewässerungs-App**

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Optimierung der Bewässerung durch Anpassung der Laufzeiten einzelner Regner:
 - Verdopplung der Laufzeiten der beiden Hauptregner im Mittelfeld gegenüber den Laufzeiten aller anderen 8 Regner (gemäß der technischen Empfehlung zum Anlagenbetrieb)
 - Erhöhung der Gabenhöhe / Beregnungsgang auf 12 mm (= 12 l/m²) anstelle von 3,25 mm
 - 2 Hauptregner: Laufzeiten jeweils 65 Minuten anstelle von 10 Minuten
 - 8 weitere Regner: Laufzeiten jeweils 32 Minuten anstelle von 10 Minuten
 - Ergebnis: Deutlich gleichmäßigere Verteilung und höhere Effizienz mit mehr Tiefenwirkung
2. Optimierung der Bewässerung durch Unterstützung mit konkreten Empfehlungen nach objektiven Kriterien als Ergänzung zu den Erfahrungen der Platzwarte beim Festlegen von Bewässerungsterminen
 - Empfehlungen (Termine, Menge) basierend auf der Bewässerungs-App unter Berücksichtigung der Witterung, des Bodens, Eigenschaften des Rasens und der Verteiltechnik
 - Beregnung weiterhin wie bisher betriebsüblich in der Nacht ab 22.00 Uhr

Zusammenfassung der Ergebnisse (2)

3. Optimierung der Bewässerung durch Berücksichtigung lokaler Niederschläge:
 - Konzeptionelle Einbindung von Niederschlagssensoren, Fa. Weenat in die Bewässerungs-App
 - Hohe Genauigkeit der Messung von lokalen Niederschlägen mit dem Niederschlagssensor
 - Einsparung von zwei unnötigen Beregnungsgängen im Juli bzw. August 2024 (2 x 12 mm) gegenüber der Verrechnung gemessener Niederschläge in 10 km Entfernung (DWD-Wetterstation München-Stadt)
4. Einrichtung eines automatischen SMS-Benachrichtigungsdienstes zur Information der Platzwarte zu unmittelbar anstehenden Beregnungsgängen
5. Entwicklung des Bewässerungsbedarfs / Rasensportplatz München (1995 bis 2024):
 - Im Jahres-Ø gemäß Bewässerungs-App: 167 mm (Schwankungsbereich 84 bis 288 mm/Jahr)
 - Bewässerungsbedarf steigt von 137 mm (10-Jahres-Ø Dekade 1) auf 194 mm (10-Jahres-Ø Dekade 3); Anstieg um etwa 30 mm / 10 Jahre

Zusammenfassung der Ergebnisse (3)

6. Erstellung eines Konzepts zum Umgang mit Trockenjahren / Wasserknappheit:

- Begrenzung der Bewässerung gemäß 80 % Versorgungssicherheit
 - Bewässerung nach Bedarf in 80 % der Fälle (Jahre)
 - Moderate Reduzierung des Versorgungsniveaus in 20 % der Fälle (besonders trockene Jahre)
- In dieser Weise bewusste Inkaufnahme einer etwas geringeren Rasenqualität in 20% der Fälle (besonders trockene Jahre)
- Bemessungsgrundlage: In der Saison bereits erfolge Beregnungsgänge, noch zu erwartende Beregnungsgänge gemäß DWD-Wettervorhersage bzw. gemäß Mittelwert vergangener 20 Jahre
- Maximaler Bewässerungsbedarf im Einzeljahr: 192 mm (statt bis zu 288 mm);
zusätzliche Ø-Einsparung in 20 % der Fälle / besonders trockene Jahre: 75 mm = 28 %

7. Machbarkeitsstudie zur Regenwassernutzung am Standort München

- Annahme: Fläche „Beregnung“ = Fläche „Niederschlag Sammeln“ = Fläche „Rasensportplatz“
- Konzept: Bilanzierung der Füllmenge der Zisterne auf Tagesbasis
- Ergebnis: 300 m³ Speichervolumen ermöglichen im Jahres-Ø zu 85 % Regenwassernutzung