

Experimentelle Ermittlung des Bedarfs zusätzlicher Wachstumsbelichtung auf Profi-Fußballrasen – Teil 1: Stand der Forschung, Material und Methoden*

Baar, L., W. Prämaßing, H. Nonn und G. Schmitz

Zusammenfassung

Der tatsächlich notwendige – zusätzliche – Lichtbedarf von Cool-Season-Gräsern zum Erreichen einer dauerhaften, regenerativen und repräsentativen Grasnarbe auf Sportrasenflächen ist ein wenig behandeltes Forschungsfeld mit großen Potenzialen für einen effizienteren Einsatz moderner Vegetationsbelichtung. Unter den Einflussfaktoren der Belastung durch den Spielbetrieb sowie des erhöhten Schattendrucks im Fußballstadion soll anhand dieser Forschungsarbeit der Einsatz der künstlichen Belichtung untersucht werden. Zudem soll der notwendige Lichtbedarf von Cool-Season-Gräsern zum Erreichen einer ausdauernden und regenerativen Grasnarbe für einen professionellen Spielbetrieb ermittelt werden.

Auf dem Trainingsgelände des Fußball-Bundesligisten Bayer 04 Leverkusen wurde hierfür eine Versuchsfläche nach den aktuellen Standards der Technik angelegt. Über einen Versuchszeitraum von 10 Wochen wurden vier Versuchsreihen mit jeweils vier Wiederholungen durch Vegetationslampen unterschiedlich lang belichtet. Im Anschluss daran beschattet und regelmäßig durch eine Belastungssimulation strapaziert. Durch Ermittlung der täglichen Lichtmenge der künstlichen Vegetationsbelichtung in Kumulation mit der natürlichen Sonneneinstrahlung, wurden die Versuchsreihen anhand verschiedener Qualitäts- und Wachstumsparameter für die Eignung eines professionellen Spielbetriebs bewertet.

Teil 1 dieses Artikels stellt den aktuellen Forschungsstand zur Thematik des Lichtbedarfs von Gräsern, die damit einhergehende Problemstellung sowie die Methodik und den Versuchsaufbau in Leverkusen dar.

Summary

The actual necessary (additional) lightning requirement of cool-season grasses to achieve a durable, regenerative and representative turf on sports turf surfaces is a little treated research field with great potentials for a more efficient use of modern vegetation lightning. Under the influencing factors of the stress caused by match operation as well as the increased shadow pressure in the football stadium, the use of artificial lighting is to be investigated on the basis of this research work. In addition, the necessary light requirement of cool-season grasses to achieve a persistent and regenerative sward for a professional game operation is to be determined.

A test area was set up for this purpose on the training ground of the Bundesliga soccer team Bayer 04 Leverkusen in accordance with the current standards of the technology. Over an experimental period of 10 weeks, four series of experiments, each with four replicates, were lightened by vegetation lamps for different lengths of time, then shaded and periodically stressed by stress simulation. By determining the daily amount of light from the vegetation lamps in cumulation with the natural solar radiation, the experimental series were evaluated against various quality and growth parameters for the suitability of a professional gaming operation.

Part 1 of the series highlights recent research on the light requirements of grasses, the problem in German stadiums, and the methodology and experimental design.

Résumé

Le besoin réel de lumière (supplémentaire) des graminées de saison froide pour obtenir un gazon durable, régénératif et représentatif sur les pelouses sportives est un domaine de recherche peu abordé, avec un grand potentiel pour une utilisation plus efficace de l'éclairage de la végétation moderne. En tenant compte des facteurs d'influence de la charge liée aux matchs et de l'ombrage dans le stade, ce travail de recherche doit permettre de rendre l'utilisation de l'éclairage artificiel plus efficace et de déterminer les besoins en lumière nécessaires pour les graminées de la saison froide. Une surface d'essai a été aménagée à cet effet sur le terrain d'entraînement du Bayer 04 Leverkusen, club de football de la Bundesliga, selon les normes actuelles de la technique. Sur une période d'essai de 10 semaines, quatre séries d'essais, chacune avec quatre répétitions, ont été exposées à la lumière de lampes à végétation pendant des durées différentes, puis ombragées et régulièrement mises à l'épreuve par une simulation de charge. En déterminant la quantité de lumière quotidienne de l'exposition de la végétation cumulée avec le rayonnement solaire naturel, les séries d'essais ont été évaluées sur la base de différents paramètres de qualité et de croissance pour leur aptitude à une exploitation de jeu professionnelle.

La première partie de la série présente les travaux de recherche actuels sur le thème des besoins en lumière des graminées, la problématique ainsi que la méthodologie et le dispositif expérimental.

*) der Beitrag basiert auf den Ergebnissen der Masterarbeit von L. Baar an der Hochschule Osnabrück

Einleitung und Problemstellung

Die Architektur moderner Fußballstadien sieht nahezu bei jedem Profi-Verein weltweit gleich aus: hohe und große Tribünenblöcke, um möglichst viele Zuschauer im Stadion unterbringen zu können sowie eine Überdachung dieser, damit der Zuschauer vor Regen und weiteren Witterungseinflüssen das Spiel verfolgen kann (SCHMITZ, 2014). Der für den Rasen relevante Wachstumsstandort „Bundesligastadion“ bildet aufgrund dieser Architektur ein eigenes, für das Gräserwachstum nicht optimales Mikroklima (SCHMITZ, 2014). Das Temperaturniveau ist häufig ein anderes als außerhalb der Arenen. Aufgrund fehlender natürlicher Luftbewegungen ist die Anfälligkeit des Rasens gegenüber Pilzkrankheiten um ein Vielfaches erhöht. Hinzu kommen nahezu Monokulturen des Gräserbestands, welche die Infektionsanfälligkeit ebenfalls begünstigen (SCHMITZ, 2014).

Das größte Problem stellt allerdings die unterschiedlich starke Sonneneinstrahlung bzw. Beschattung der Rasenfläche aufgrund von Dachart, -material oder Tribünengröße dar. Einige Teilbereiche des Platzes werden unterschiedlich stark beschattet, erhalten im Tagesverlauf weniger oder in den Wintermonaten gar kein Licht (SCHMITZ, 2014). Durch die mangelnde Sonneneinstrahlung und somit fehlender Energie sinkt auch die Photosyntheseleistung der Gräser. Damit einhergehend sinken die Regeneration, das Wachstum, die Grünfärbung sowie alle Stoffwechselforgänge der Pflanze (SADAVA et. al, 2019).

Um diesem ungleichmäßigen, reduzierten natürlichen Lichteinfall im Stadion im Laufe der Tages- und Jahreszeiten vorzubeugen, werden im modernen Profi-Greenkeeping Belichtungs- und Vegetationslampen eingesetzt (HEILER, 2022). Diese Belichtungseinheiten sollen die Photosyntheseleistung der Gräser und die damit verbundenen Stoffwechselforgänge, das Wachstum und die Regeneration über den gesamten Jahresverlauf aufrechterhalten (SGL, 2022a). Der Einsatz dieser Wachstumslampen ist im Profi-Fußball weitestgehend etabliert, um ganzjährig und bei hoher Spiel- und Belastungsfrequenz gleichmäßig gute spieltechnische und optische Rasenqualitäten erzeugen zu können (STADIONWELT, 2023).

Der tatsächlich notwendige Lichtbedarf der Gräser stellt allerdings ein immer noch großes Problem dar (RICHARDSON et. al, 2019). Die Beurteilung der Notwendigkeit und Dauer der Vegetationsbelichtung erfolgt, bei Voraussetzung des Vorhandenseins einer Belichtungsanlage, durch den Greenkeeper häufig anhand von Erfahrungswerten, dem persönlichen Empfinden sowie dem allgemeinen Erscheinungsbild des Rasens – oft nach dem Motto: lieber zwei Stunden länger als zwei Stunden zu wenig. Eine Beurteilung anhand festgelegter Messparameter wird dabei i.d.R. nicht durchgeführt. Der Energieverbrauch der Belichtungsanlagen, besonders in Zeiten steigender Energie- und Strompreise, ist dabei ebenfalls nicht zu vernachlässigen (SCHMITZ, 2023).

Aktueller Stand der Forschung

Die Ermittlung des Lichtbedarfs von Cool-Season-Gräsern wurde in den vergangenen Jahrzehnten eher stiefmütterlich behandelt (RICHARDSON et. al, 2019). Die Forschung konzentrierte sich, besonders in den USA, überwiegend auf die Untersuchung des Lichtbedarfs von C4-Gräsern (Warm-Season-Gräser). Für die auf unseren Sportplätzen eingesetzten C3-Gräser (Cool-Season-Gräser) bestehen nur vereinzelt Forschungsarbeiten (RICHARDSON et. al, 2019). Gerade mit Blick auf eine immer intensivere Nutzung künstlicher Vegetationsbelichtung sollte diesen aber eine größere Aufmerksamkeit zuteilwerden.

Menschen nehmen den blauen (400-500 nm) und den roten (600-700 nm) Lichtbereich nur noch mit reduzierter Hellempfindlichkeit wahr. Besonders bei Pflanzen werden der blaue und rote Bereich des Lichtspektrums und die damit verbundene Lichtenergie allerdings intensiv für die Photosynthese genutzt (GOSSEN, 2018). Die Vegetationsbelichtung nutzt diese Erkenntnis und setzt diese Wellenlängen ein, um die Photosynthese, das Wachstum und die Regeneration der Gräser zu fördern.

Um die Menge des ankommenden pflanzenverfügbaren Lichts zu ermitteln, können die normalen photometrischen Messgrößen wie Lumen oder Lux nicht genutzt werden. Hier kommt es zu einer Unterbewertung von blauem und rotem Licht im sichtbaren Spektrum (GOSSEN, 2018). Um einer solchen Unterbewertung des für die

Photosynthese genutzten Lichtspektrums vorzubeugen, werden bei der Messung der Wachstumsbelichtung die Messgrößen PAR sowie das DLI herangezogen (GOSSEN, 2018). Bei der Messung der PAR (Photosynthetically Active Radiation – Photosynthetisch aktive Strahlung) wird der Anteil elektromagnetischer Strahlung im Bereich von 400 nm bis 700 nm des sichtbaren Lichtspektrums gemessen, welche phototrophe Organismen zum Betreiben von Photosynthese benötigen (POORTER et. al, 2019). Das DLI (Daily Light Integral – Tägliche Lichtmenge) ist eine kumulative Maßeinheit für die Gesamtzahl der Photonen, welche die Gräser während der täglichen Photoperiode erreichen. Gemessen wird somit die kumulierte Mol-Menge von Photonen im PAR-Bereich pro m² im gesamten Tagesverlauf (POORTER et. al, 2019).

Das tatsächlich notwendige Daily Light Integral von Cool-Season-Gräsern wurde bisher nur anhand weniger Forschungsarbeiten untersucht. Bekannt ist, dass der Lichtsättigungspunkt von C3-Gräsern erreicht ist, wenn die Lichtstärke 600-700 µmol/m²/s überschreitet (RUSSEL, 2018). Die Fähigkeit von C3-Gräsern, Photosynthese zu betreiben und Lichtenergie in Kohlenhydrate umzuwandeln, nimmt somit ab, wenn diese Lichtstärke überschritten wird (SYNGENTA TURF, 2019). COCKERHAM et al. (2002) führten Belichtungsversuche im Jahr 2002 mit *Poa pratensis* und *Lolium perenne* unter klimatisch gleichbleibenden Gewächshausbedingungen durch. Die beiden Gräser wurden mit einem DLI von 4,1, 11,1 und 20,0 mol/m²/d behandelt. Anschließend wurden die Biomasseproduktion sowie die Schnittgutmenge ermittelt. COCKERHAM et al. (2002) stellte fest, dass *Lolium perenne* bei einer konstanten Umgebungstemperatur von 23 °C einen Mindestlichtbedarf von 20 mol/m²/d erfordert, um ein ausreichendes und regeneratives Wachstum erzielen zu können. Für *Poa pratensis* konnte eine wesentlich niedrigere tägliche Lichtmenge ermittelt werden – ein ausreichendes Wachstum stellten COCKERHAM et al. (2002) unter diesen Umgebungsbedingungen schon bei einer Lichtmenge von 11,1 mol/m²/d fest.

Eine weitere Versuchsreihe zum Lichtbedarf wurde von ABÉLARD & GALBRUN (2022) in Frankreich durchgeführt und anhand der Narbendichte und der Belastbarkeit bewertet. Auch hier fanden die Versuche unter kli-

matisch gleichbleibenden Gewächshausbedingungen statt, wurden aber im Vergleich zu COCKERHAM et al. (2002) künstlich belastet. Auch ABÉLARD & GALBRUN (2022) kamen zu der Erkenntnis, dass der Lichtbedarf von *Lolium perenne* höher ist als der von *Poa pratensis*. Um ausreichende Wachstums- und Regenerationseigenschaften erzielen zu können, wurde für *Poa pratensis* ein DLI von mindestens 9,4 mol/m²/d ermittelt. Diese Lichtmenge schien für *Lolium perenne* als nicht ausreichend für ein ausgeglichenes Wachstum (ABÉLARD & GALBRUN, 2022).

Die aktuellen Forschungsergebnisse geben allerdings keine Auskunft über den Lichtbedarf von C3-Gräsern unter klimatisch schwankenden Freilandbedingungen, unter dem Einfluss einer Belastungssimulation und der Beschattung durch bspw. ein Stadionsdach. Da die Versuche von COCKERHAM et al. (2002) und ABÉLARD & GALBRUN (2022) bei konstant hohen Außentemperaturen stattfanden, ist davon auszugehen, dass der Lichtbedarf der Gräser bei niedrigeren Temperaturen, besonders in den Wintermonaten, aufgrund des eingeschränkten natürlichen Wachstums, ebenfalls geringer ausfällt. Hier liegt der Ansatzpunkt dieser Abschlussarbeit, wobei die o.g. Einflussfaktoren einbezogen werden.

Versuchsreihe und Methodik

Die Dauer der künstlichen Belichtung in der BayArena in Leverkusen variierte in den vergangenen Jahren zwischen 18 und 24 Stunden täglich (SCHMITZ, 2023), abhängig von der Jahreszeit sowie vom Spielbetrieb. In den Herbst- und Wintermonaten 2022/23 wurden

diese Belichtungszeiträume aufgrund der Versorgungsengpässe im Energiesektor auf 12 Stunden täglich reduziert (SCHMITZ, 2023). Trotz dieser Verringerung konnte ein ausreichendes Gräserwachstum erzielt werden.

Unter Berücksichtigung eines nachhaltigeren Einsatzes der Ressourcen sowie einer daraus resultierenden Kostenersparnis soll eine weitere Verkürzung der Belichtungszeiträume untersucht werden. Zudem sollen anhand dieser Versuchsreihe die benötigten täglichen Lichtmengen ermittelt werden, die die in unseren Stadien eingesetzten Cool-Season-Gräser benötigen, um ein regeneratives, optisch ansprechendes und ausdauerndes Wachstum erzielen zu können.

Versuchsdesign

Für die Versuche wurde auf dem Trainingsgelände des Bundesligisten Bayer 04 Leverkusen unter der Leitung von Georg Schmitz eine Versuchsfläche mit einer Flächengröße von 470 m² angelegt. Die Fläche wurde nach den Anforderungen der DIN 18035-4 in Bauweise mit Rasentragschicht, Drainschicht und einer darunter liegenden Bodenheizung hergestellt. Die Rasendecke bildete eine Fertigrasen-Dicksode mit einem Anzucht-Mischungsverhältnis von 70 % *Poa pratensis* und 30 % *Lolium perenne*.

Um die Veränderungen der Qualitätsparameter bei unterschiedlichen Belichtungsmengen und -zeiträumen erfassen zu können, wurden vier Versuchsreihen mit jeweils vier Wiederholungen angelegt und mithilfe von weißer Linierfarbe auf die Fläche projiziert (Abbildung 1). Die Größe der einzelnen

Versuchspartellen beträgt 1,5 x 1,5 m. Die einzelnen Versuchsreihen (abgekürzt mit VR) wurden unterschiedlich lang künstlich und natürlich belichtet, anschließend beschattet und regelmäßig belastet. Der Versuchszeitraum erstreckte sich über eine Dauer von 10 Wochen und wurde in den Wintermonaten Januar 2023 bis März 2023 durchgeführt. Folgende Belichtungsintervalle wurden gewählt:

1. Versuchsreihe 1: VR1 wurde ausschließlich beschattet, sodass weder das künstliche Vegetationslicht noch das natürliche Sonnenlicht die Versuchspartellen erreichten. Zudem wurde die Fläche künstlich belastet. Diese Versuchsreihe soll den Randbereich eines Stadions simulieren, welcher unter dem Einfluss ständiger Beschattung steht und trotzdem durch den Spielbetrieb belastet wird [Partellen 11-14].
2. Versuchsreihe 2: VR2 wurde 8 Stunden täglich mit dem Vegetationslicht behandelt. Hinzu wird das natürliche Sonnenlicht kumuliert. Nach 8 Stunden wurden die einzelnen Versuchspartellen beschattet. Auch hier wurden die Wiederholungen künstlich belastet [Partellen 21-24].
3. Versuchsreihe 3: VR3 wurde 6,5 Stunden täglich belichtet und anschließend beschattet. Auch hier wurden der Einfluss des natürlichen Sonnenlichts hinzuaddiert und eine Belastung durchgeführt [Partellen 31-34].
4. Versuchsreihe 4: VR4 wurde 5 Stunden täglich künstlich und natürlich belichtet, anschließend beschattet und ebenfalls regelmäßig belastet [Partellen 41-44].



Abb. 1: Versuchsaufbau. Links: Darstellung der vier Versuchsreihen mittels Linierfarbe. Rechts: Nummerierung und Bemaßung des gesamten Versuchsaufbaus zum Zeitpunkt der Beschattung aller Versuchsreihen. (Alle Fotos: L. Baar)

Einsatz der Wachstumslampen

Für die Durchführung der künstlichen Belichtung auf den Versuchsreihen 2-4 wurde das Vegetationslicht LU120 der Firma SGL verwendet. Die Beleuchtungsfläche des Systems beträgt etwa 120 m². Das Lichtniveau erreicht laut Herstellerangaben eine Menge von 420 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (SGL, 2022b) – die tatsächlich an der Pflanze ankommende Lichtmenge wurde im Rahmen der Versuchsdurchführung ermittelt und betrug 320 bis 380 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Aufgrund der Größe des Systems konnten alle Versuchspartellen jeder Versuchsreihe gleichzeitig belichtet werden. Die Einheiten sind mit Natriumdampf-Hochdrucklampen ausgerüstet, welche das charakteristisch gold-weiße Licht produzieren (Abbildung 2).



Abb. 2: Belichtung der Versuchsreihe 2 in Versuchswoche 3 im Belichtungsintervall 8 Stunden. Im Einsatz die Beleuchtungssysteme LU120 der Firma SGL. Im Hintergrund die Versuchsreihen 3 und 4.

Beschattungssimulation

Um die Bauart der Stadien und die damit einhergehende Beschattung durch Tribünen und Dächer im Tagesverlauf simulieren zu können, wurde eine Beschattungssimulation mit Hilfe von Schattennetzen durchgeführt. Hierfür wurden Stahlrahmen mit der Größe 2 x 2 m hergestellt, in die Schattennetze mit einem Schattierwert von 89% gespannt wurden. Die Lichtdurchlässigkeit der Netze erreichte im Versuchsverlauf Werte von 5-15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Die Höhe der Rahmen betrug 15 cm, um eine ausreichende Luftzirkulation unter den Konstruktionen zu gewährleisten. Nach den jeweiligen Belichtungsintervallen von 8, 6,5 und 5 Stunden wurden die einzelnen Beschattungsnetze auf die jeweiligen Versuchspartellen geschoben. Ziel war die Simulation der natürlichen Sonnenbewegung und Schattierung im Stadion

im Tagesverlauf. Die Beschattungsnetze der Versuchsreihe 1 wurden nur für Pflegemaßnahmen entfernt.



Abb. 3: Konstruktion der Beschattungsnetze mit der Größe 2 x 2 m.

Belastungssimulation

Um den Spielbetrieb, die Belastung durch den Sportler und eine Nutzung simulieren zu können, mussten die einzelnen Versuchspartellen künstlich belastet werden. Hierzu wurde eine Stollenwalze eingesetzt (Abbildung 4). Die Walze simuliert sowohl den Stolleneintritt durch den Spieler als auch mögliche Scherkräfte bei Drehbewegungen des Sportlers. Durch eine Dreipunkt-Aufhängung wurde die Stollenwalze an einem Kleintraktor befestigt und schwimmend über die einzelnen Versuchsreihen gezogen. Durch unterschiedliche Übersetzung der beiden hintereinander laufenden mit Stollen bestückten Walzen wurden unterschiedlich schnelle Drehbewegungen erzeugt. Die Belastung durch die Stollenwalze erfolgte wöchentlich auf allen Versuchspartellen.

Pflege der Versuchsfläche

Die Pflege der Versuchsfläche wurde in einer 5-Tage-Woche durchgeführt. Die Pflegemaßnahmen umfassten überwiegend die Grundpflege. Die Schnittinter-



Abb. 4: Vom Kleintraktor gezogene Stollenwalze mit zwei hintereinander laufenden Walzen und dadurch resultierende Schäden in der Grasnarbe.

valle wurden an die jeweiligen Witterungsbedingungen angepasst – i.d.R. wurde einmal wöchentlich gemäht. Die Schnitthöhe betrug 25 mm, um so im vordefinierten Intervall die Aufwuchshöhe bestimmen zu können.

Im gesamten Versuchsverlauf wurden drei Düngergaben ausgebracht. Mechanische Bodenbearbeitungsmaßnahmen, wie z.B. Aerifizieren, wurden im Versuchsverlauf nicht durchgeführt. In regelmäßigen Abständen wurde zudem die Linierung der einzelnen Versuchspartellen erneuert.

Messparameter und -instrumente

Um eine Bewertung der verschiedenen Belichtungsintervalle durchführen zu können und die Eignung für einen professionellen Spielbetrieb zu prüfen sowie den Lichtbedarf der verschiedenen Gräser zu ermitteln, wurden verschiedene Mess- und Beurteilungsparameter herangezogen. Die Bonitur fand in der Regel wöchentlich statt.

Daily Light Integral

Die Erfassung der täglich an der Pflanze ankommenden PAR-Lichtmenge wurde mit dem TurfPod der Firma SGL durchgeführt (Abbildung 5). Auf jeder Versuchsreihe wurde dabei ein TurfPod auf der jeweils zweiten Wiederholung jeder Versuchsreihe eingesetzt. Dieser wird über drei Fühlernadeln senkrecht in die Rasentragschicht eingesteckt. Das Daily Light Integral, die künstliche Belichtungsmenge kumuliert mit der natürlichen Sonneneinstrahlung, wurde täglich über das von SGL bereitgestellte Online-Portal ausgelesen. Durch die Ermittlung der Menge der täglichen photosynthetisch aktiven Strahlung lassen sich Rückschlüsse über den Lichtbedarf der Gräser gewinnen.



Abb. 5: TurfPod der Firma SGL zur Ermittlung des Daily Light Integrals.

Projektive Bodendeckung

Die Bestimmung des Deckungsgrades erfolgte mittels der Canopeo-App. Entwickelt wurde diese App an der Oklahoma State University in den USA (CANOPEO, 2023). In ca. 1 m Höhe



Abb. 6: Ermittlung des NDVI-Index mit dem GreenSeeker auf Versuchsparzelle 23 in Versuchswoche 3.

wird ein Foto der jeweiligen Fläche erstellt. Die App ermittelt hieraus einen Schwarz-Weiß-Abgleich und errechnet daraus den Deckungsgrad der Fläche. Die Beurteilung der projektiven Bodenbedeckung erfolgte wöchentlich auf jeder Versuchsparzelle.

Vitalität – NDVI Greenseeker

Die Veränderung der Vitalität der Gräser durch unterschiedliche Belichtungszeiträume und Lichtmengen wurde mit dem NDVI Greenseeker der Firma Trimble ermittelt (Abbildung 6). Jede Versuchsparzelle wurde dabei diagonal in beide Richtungen abgelaufen, um eine möglichst große Fläche abdecken zu können – hieraus wurde anschließend ein Mittelwert gebildet. Auch der NDVI-Index wurde wöchentlich bonitiert.

Bodenfeuchtegehalt, EC-Wert und Bodentemperatur

Mit Hilfe des TDR-Fieldscouts (Abbildung 7) wurden der Bodenfeuchtegehalt, der EC-Wert und die Bodentemperatur ermittelt. Auf jeder Parzelle wurden fünf Messungen im wöchentlichen Intervall durchgeführt und anschließend Mittelwerte gebildet. Der Bodenfeuchtegehalt dient zum einen als Auskunft über notwendige Beregnungsmaßnahmen. Zum anderen sollen anhand der Messwerte mögliche Rückschlüsse auf einen erhöhten Wasserverbrauch durch längere Belich-

tungsintervalle und einem damit verstärkten Pflanzenwachstum gewonnen werden.

Der EC-Wert, also die Messung der elektrischen Leitfähigkeit, dient als Indikator zur Beurteilung des Nährstoffverbrauchs. Auch hier sollte geprüft werden, ob durch eine längere Belichtungsdauer ein Zusammenhang zum verstärkten Wachstum der Gräser besteht und damit vermutlich ein erhöhter Nährstoffverbrauch einhergeht.

Das Messgerät erfasste als weiteren wichtigen Wachstumsfaktor die Bodentemperatur. Somit konnte gleichzeitig auch der eventuelle Einsatz der Bodenheizung gesteuert werden.

Aufwuchshöhe, pH-Wert und Drehwiderstand

Die Messungen von Aufwuchshöhe und pH-Wert erfolgten ebenfalls wöchentlich an fünf Stellen pro Parzelle. Die Aufwuchshöhe wurde mit einem Schnitthöhen-Prisma ermittelt, um so Aufschluss über ein schnelleres oder langsamerer Wachstum der Gräser durch unterschiedliche Belichtungsintervalle gewinnen zu können. Orientiert wurde sich dabei an der Schnitthöhe im Rahmen der Grundpflege sowie einem vordefinierten Wachstumsintervall von 7 Tagen.

Der Drehwiderstand wurde mit dem leichten Drehwiderstandsgerät ermit-



Abb. 7: Ermittlung der drei Messparameter mittels des TDR-Fieldscouts auf Versuchsparzelle 42 in Versuchswoche 2.

telt. Aufgrund der Schäden in der Grasnarbe, die durch die Messung entstehen, wurde die Drehwiderstandsmessung nur drei Mal im gesamten Versuchsverlauf auf allen Parzellen durchgeführt. Ziel war das Herausarbeiten von möglichen sportfunktionalen Veränderungen durch die unterschiedlichen Belichtungs- und Beschattungsintervalle.

Neben den o.g. Messparametern wurden zudem die Niederschlagsmenge sowie die Außentemperaturen während des gesamten Versuchsverlaufs erfasst.

Der zweite Teil dieser Arbeit mit Ergebnissen und Diskussion folgt in der kommenden Ausgabe dieser Zeitschrift.

Literatur

- ABÉLARD, E. & C. GALBRUN, 2022: The effects of artificial lighting on sports turf. *International Turfgrass Society Research Journal*, Ausgabe 14, S. 1016-1021.
- CANOPEO, 2023: Canopeo-App. [Online] Abgerufen von: <https://canopeoapp.com/#/login> [Zugriff am 31. Januar 2023].
- COCKERHAM, S.T., S.B. RIES, G.H. RIECHERS & V.A. GIBEAULT, 2002: Turfgrass Growth Response under restricted light: Growth Chamber Studies. *California Turfgrass Culture*, Ausgabe 52, S. 13-20.
- GOSSEN, 2018: Gossen Foto- und Lichtmesstechnik GmbH – Messung der Pflanzenbeleuchtung. [ONLINE] Abgerufen von: <https://gossen-photo.de/wp-content/uploads/2018/11/Messung-der-Pflanzenbeleuchtung-1.pdf> [Zugriff am 7. Oktober 2022].
- HEILER, 2022: Besserer Rasen mit LED-Wachstumsleuchte [ONLINE]. Abgerufen von: <https://www.stadionwelt.de/news/40812/besserer-rasen-mit-led-wachstumsleuchte> [Zugriff am 21. Januar 2023].
- POORTER, H., Ü.NIINEMETS, N. NTAGKAS, A. SIEBENKÄS, M. MÄENPÄÄ, S. MATSUBARA & T.L. PONS, 2019: A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *New Phytologist*, Ausgabe 223, S. 1073-1094.
- RICHARDSON, M.D., G. MATTINA, M. SARNO & J.H. McCALLA, 2019: Shade effects on overseeded Bermudagrass Athletic Fields: 1. Turfgrass Coverage and Growth Rate. *Crop Science*, Ausgabe 59, S. 2845-2855.
- RUSSEL, T., 2018: Determining the Light Requirements of various Turfgrass Systems and Investigating techniques to quantify photosynthetically active radiation. Universität von Arkansas: Fayetteville. 152 Seiten.
- SADAVA, D., D. HILLIS, C. HELLER & S. HAKKER, 2019: *Purves Biologie*. Claremont, Stanford, Austin, Corvallis: Springer Verlag GmbH, S. 275-303.
- SCHMITZ, G., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Standorteinflüsse auf die Entwicklung von Dicksoden am Beispiel Fußballflächen der BayArena und Nebenfächern in Leverkusen. 82 Seiten.
- SCHMITZ, G., 2023: Planung und Durchführung der Versuche bei Bayer Leverkusen. [Interview]. Januar 2023.
- SGL, 2022a: SGL Produkte für alle Sportarten. [ONLINE] Abgerufen von: <https://sglssystem.com/EN/products.php> [Zugriff am 21. Januar 2023].
- SGL, 2022b: LU120 – Mittelleichtes Grow-Beleuchtungssystem. [ONLINE] Abgerufen von: <https://sglssystem.com/EN/Lighting/857/LU120> [Zugriff am 27. Januar 2023].
- STADIONWELT, 2023: 500 Kunden: Eine Reise in die Vergangenheit [ONLINE]. Abgerufen von: <https://www.stadionwelt.de/news/52686/500-kunden-eine-reise-in-die-vergangenheit> [Zugriff am 27. April 2023].
- SYNGENTA TURF, 2019: Manage shade for turf to see the light. [ONLINE] Abgerufen von: <https://www.syngentaturf.co.uk/news/productivity/manage-shade-turf-see-light>. [Zugriff am 3. Januar 2023].

Autoren:

M. Eng. Lukas Baar
Labor Lehmacher
Schneider GmbH & Co. KG
Hochschule Osnabrück
49090 Osnabrück
baar@l-l-s.de
l.baar@hs-osnabrueck.de

Dr. Harald Nonn
53498 Bad Breisig
info@rasengesellschaft.de

Prof. Dr. Wolfgang Prämaßing
Hochschule Osnabrück
49090 Osnabrück
w.praemassing@hs-osnabrueck.de

Georg Schmitz
TecArena-Plus GmbH
51373 Leverkusen
georg.schmitz@tecarenaplus.de