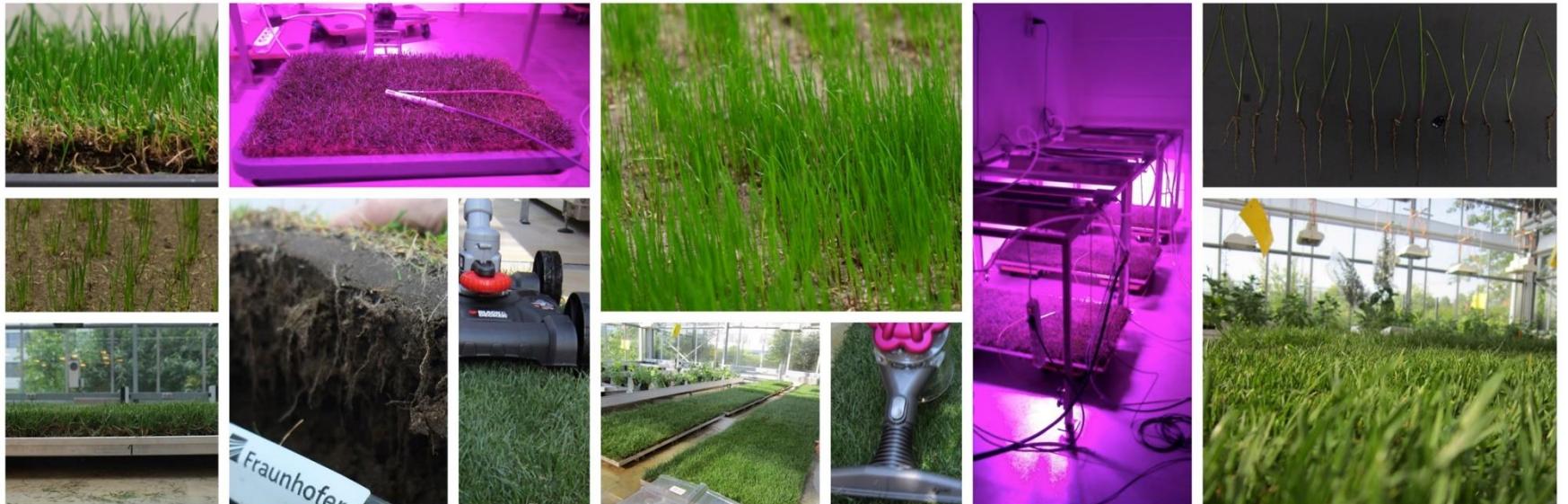


# LED it grow

LED-Belichtung von Sportrasen – Möglichkeiten, Chancen, Grenzen

31. August 2016; Dr. Stefan Rasche

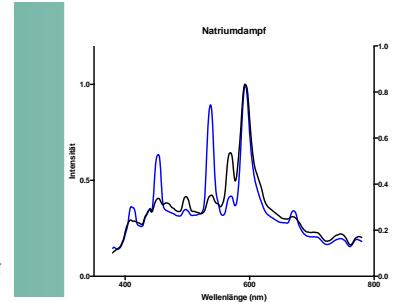
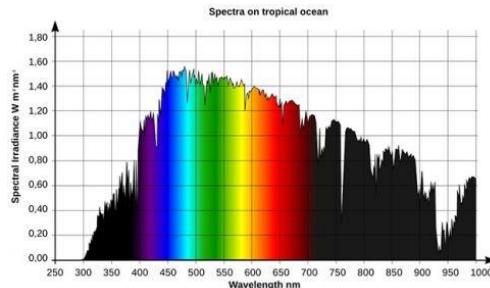


# Warum LEDs?

Vergleich mit anderen Leuchtmitteln

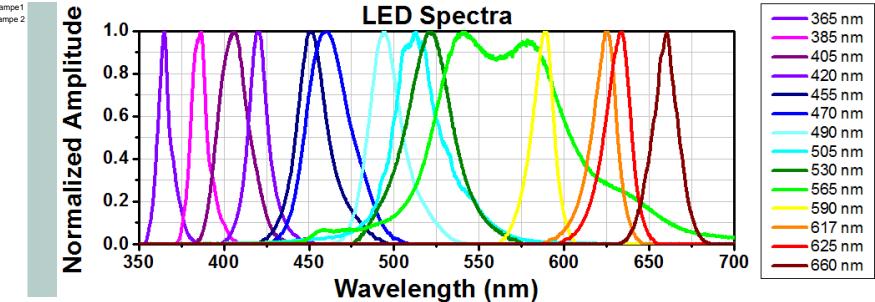
## ■ Metall dampf lampen

- Gute Farbausbeute
- Tageslichtähnliches Spektrum
- Starker Wärmestrahler
- gute Energieeffizienz
- Stoßempfindlich



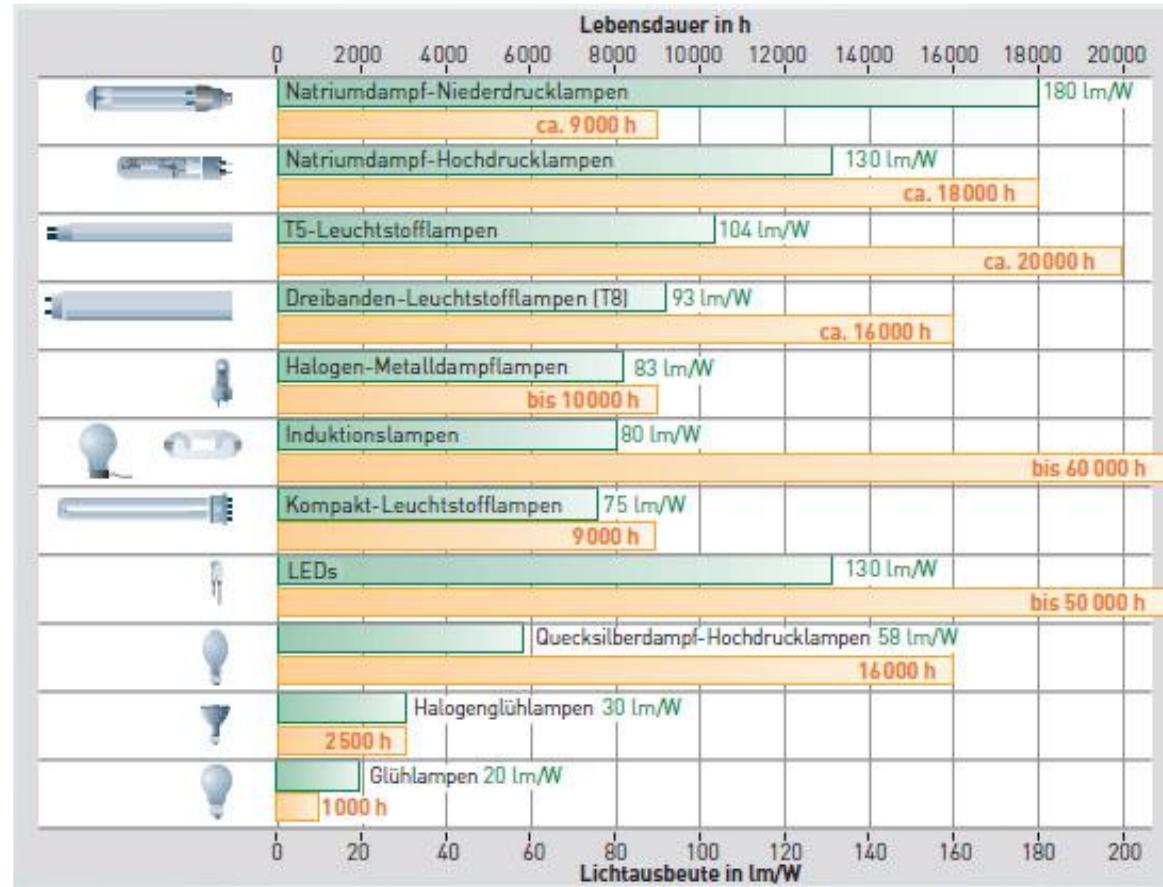
## ■ LEDs

- Lichtspektrum individuell auswählbar
- kein Wärmestrahler
- gute Energieeffizienz -> noch ausbaufähig
- Lange Lebensdauer
- Stoßfest



# Warum LEDs?

Vergleich mit anderen Leuchtmitteln

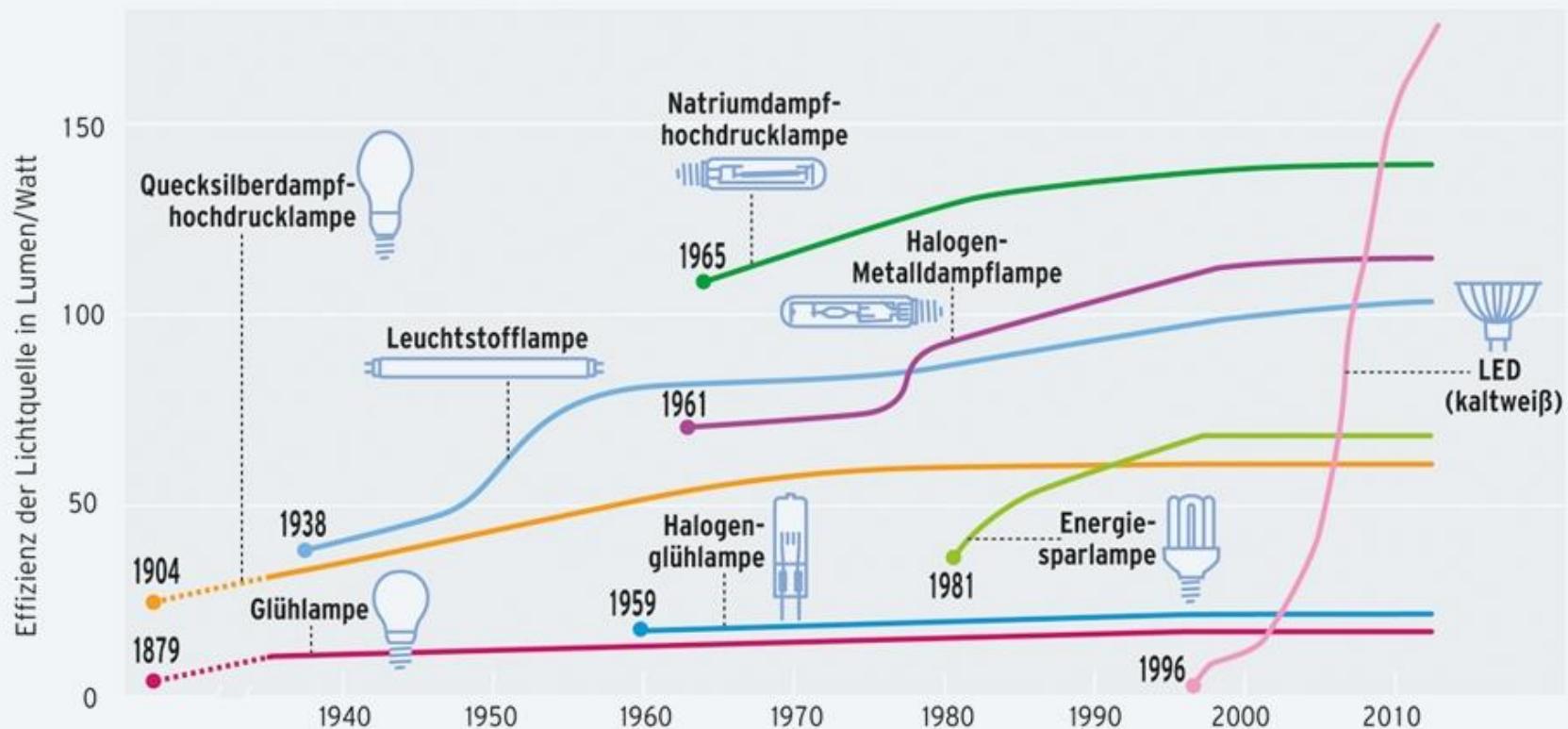


[https://wiki.watt24.com/images/c/ca/Lichtausbeute\\_verschiedener\\_Lampen.jpg](https://wiki.watt24.com/images/c/ca/Lichtausbeute_verschiedener_Lampen.jpg)

# Warum LEDs?

Entwicklungspotential in der Effizienzsteigerung

Effizienzsteigerung verschiedener Leuchtmittel

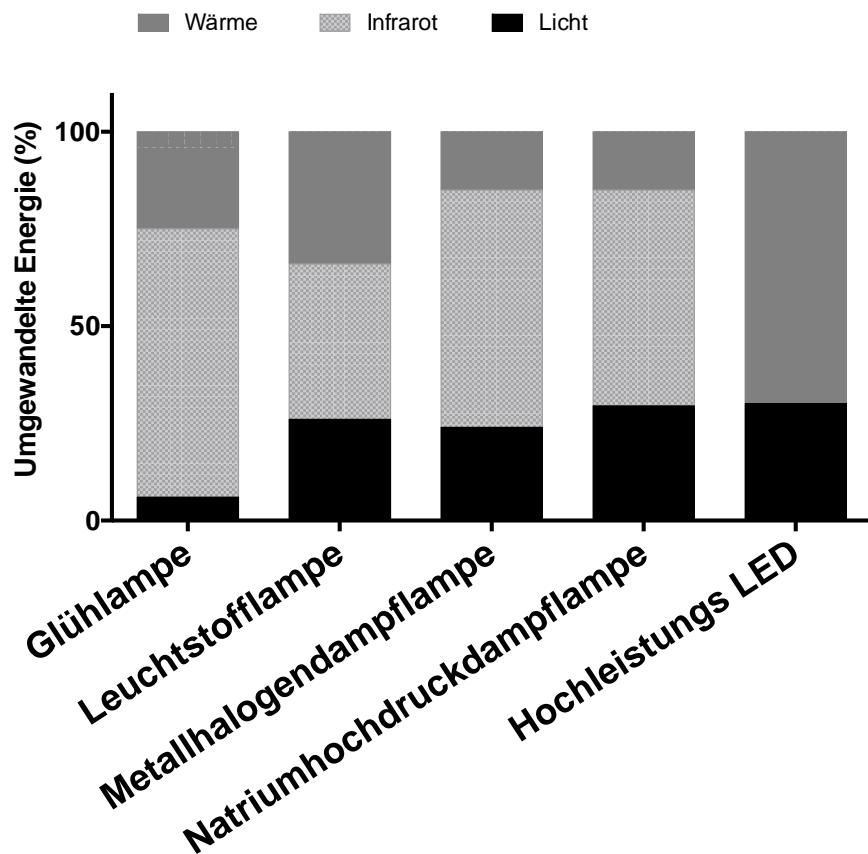


Quellen: Laubsch et al. Physik Journal 9 (2010) Nr.1, TU Darmstadt

F.A.Z.-Grafik Kaiser

# Warum LEDs?

## Energiebilanz



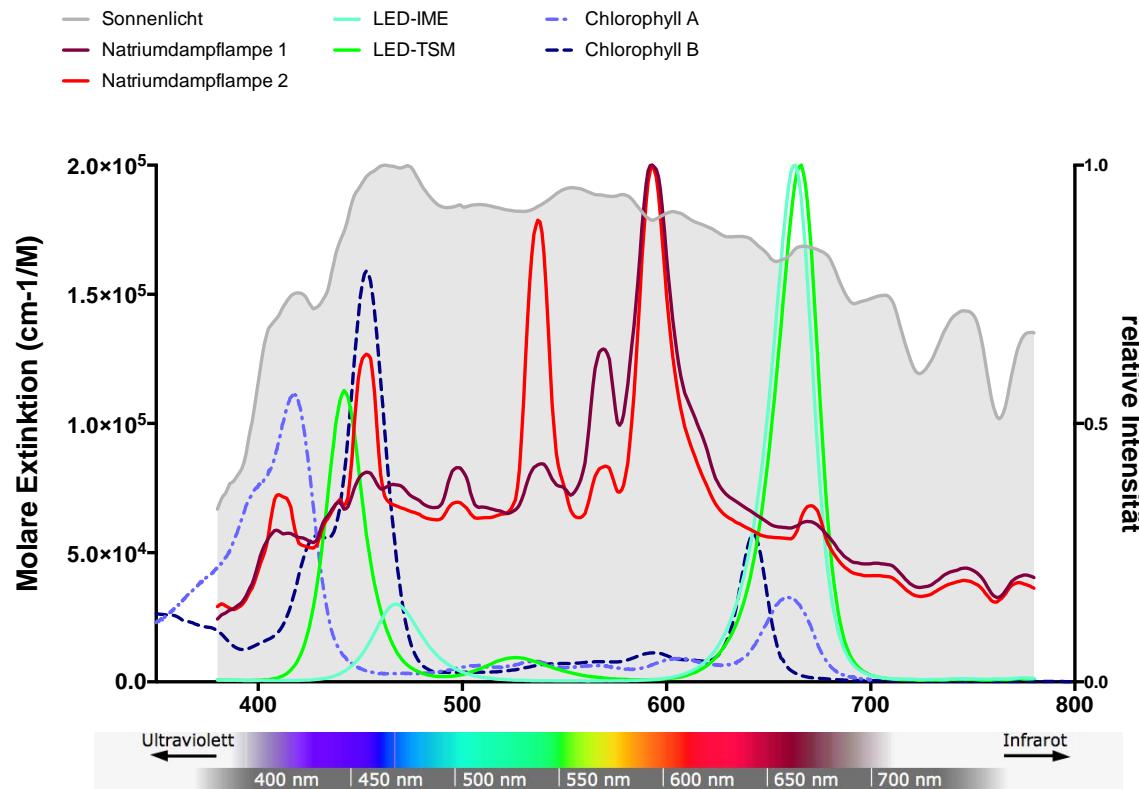
- Energieeffizienz von LEDs und Natriumdampflampen nahezu identisch (ca. 30%)
  - LEDs haben noch Entwicklungsspielraum, zudem emittieren sie keine Infrarotstrahlung.
  - Aber: Starke Abwärme, Kühlung ist erforderlich. Leistungseinbußen bei hohen Temperaturen

Quelle: Technik und Bewertung moderner LEDs aus energetischer Sicht; Hans-Jürgen Tantau; Leibniz Universität Hannover

# Warum LEDs?

## Farbspektrum

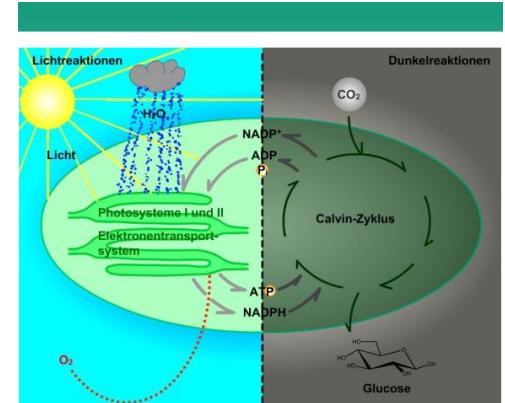
- Im Gegensatz zu Natriumdampflampen kann bei LEDs das Farbspektrum gezielt ausgewählt und individuell angepasst werden



# Pflanzen und Licht

## Lichtabhängige Prozesse in der Pflanze

- Licht ist für Pflanzen nicht nur eine Energiequelle sondern auch eine Informationsquelle.
- Phototrophie (Nutzung von Licht als Energiequelle)
  - Photosynthese
- Photoperiode (Tag/Nacht Länge)
- Photomorphogenese (Licht Menge und Qualität)
  - Wachstumsregulierung und Entwicklung
    - Photorezeptoren: Phytochrome, Chryptochrome, Phototropine, ...



<http://www.chemgapedia.de/>

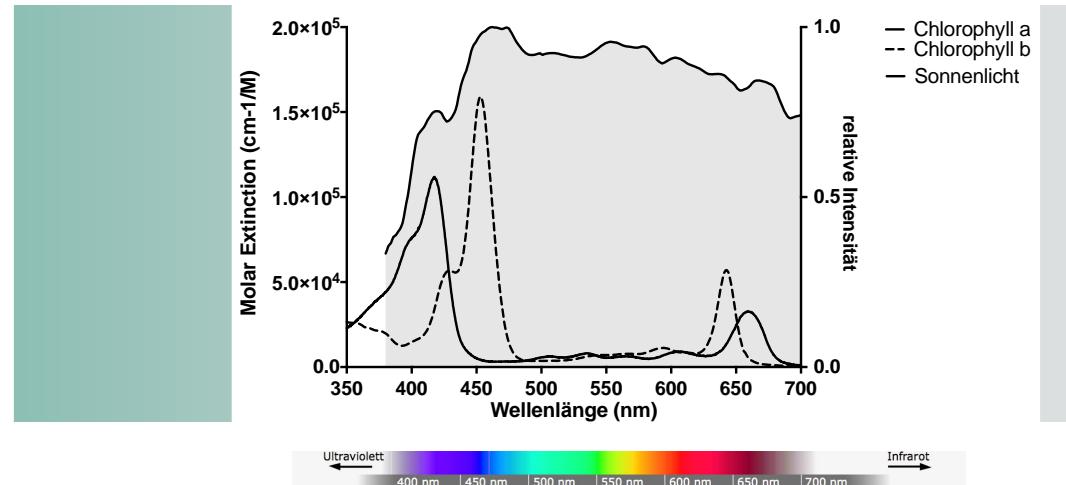
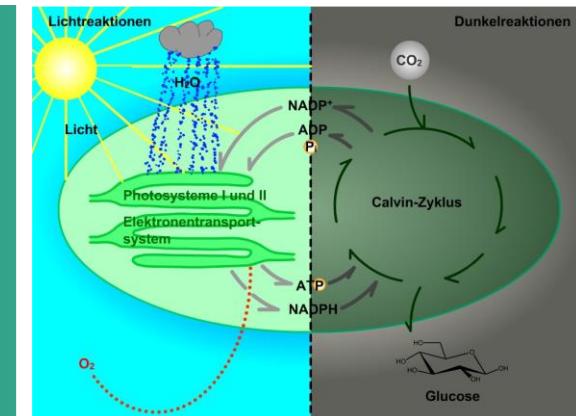


<https://www.bioökonomiebw.de/fachbeitrag/aktuell/ein-pflanzenhormon-und-das-wachstum-im-dunkeln/>

# Pflanzen und Licht

## Photosynthese

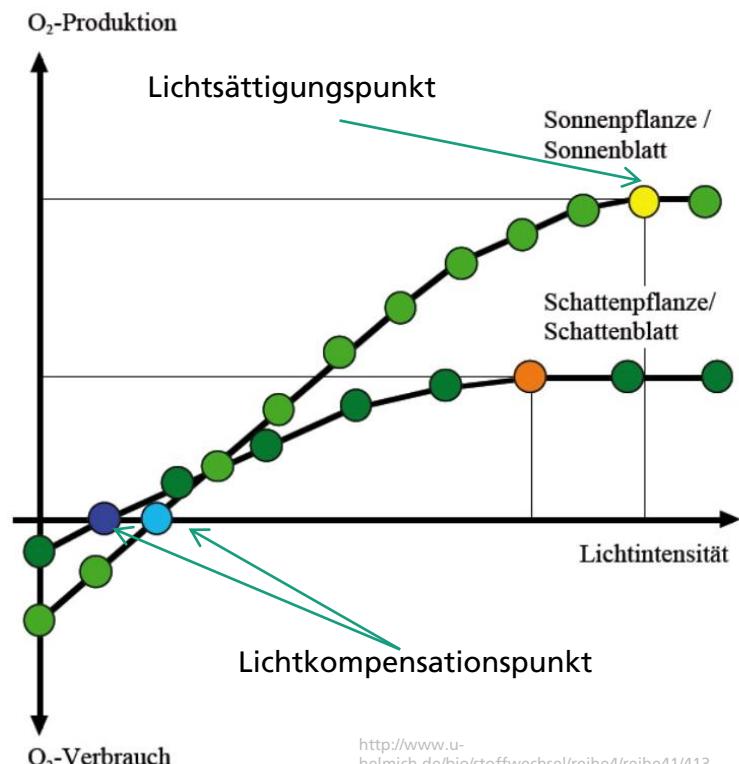
- Lichtsammelkomplex: Absorption von Lichtenergie durch verschiedene Pigmente
  - Chlorophyll a & b
    - Absorption im blauen und roten Spektrum
  - Carotinoide
    - Absorption im grünen und gelben Spektrum



# Pflanzen und Licht

## Photosynthese

- Wieviel Licht ist notwendig?
  - Mindestmaß an Licht wird benötigt
    - Schattenpflanzen ca.  $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
    - Sonnenpflanzen ca.  $20\text{--}30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
- Lichtsättigungspunkt ist bei verschiedenen Pflanzen sehr unterschiedlich.
  - *Lolium perenne*:  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR \*
- Zu intensive Beleuchtung führt zu oxidativem Stress in der Pflanze

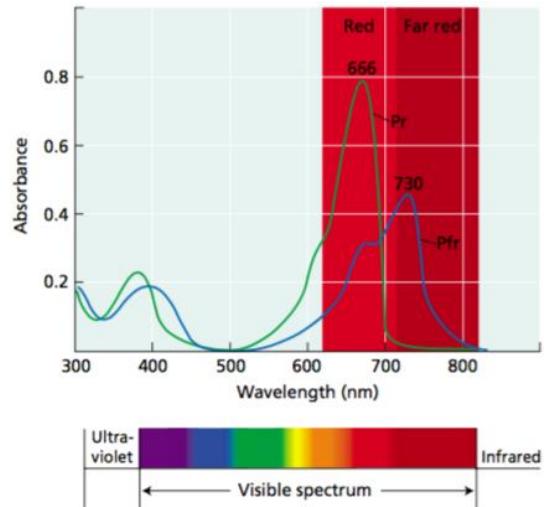


- Verschiedene Stoffwechselwege werden durch Lichtsignale gesteuert
  - Phytochrome (red/far red)
    - Keimung
    - Vergeilung
    - Wurzelwachstum
    - Blütezeit
    - Stresstoleranz ...
  - Cryptochrome und Phototropine (Blau/Ultraviolett)
  - Unbekannte Rezeptoren (Ultraviolett B)
  - Unbekannte Rezeptoren (grüner Spektralbereich)

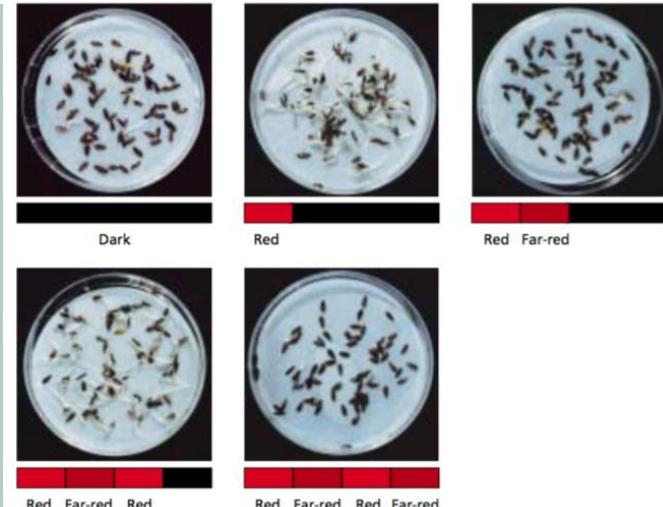
# Pflanzen und Licht

## Phytochrome: Rotes und dunkelrotes Licht

- Phytochrome existiert in zwei Formen: Pr und Pfr
  - Rotes Licht sorgt für die Umwandlung von Pr in Pfr
  - „far red“ Licht sorgt für die Umwandlung von Pfr in Pr
- Beispiel: Keimung von Salat



Phytochrome and Light Control of Plant Development. 2002 Jul 10;1–29.



# Pflanzen und Licht

## Phytochrome: Effekt von Red/FarRed Beleuchtung

### ■ *Lolium multiflorum*

- Bedingungen: Tageslichtbeleuchtung + 1,5h EOD Red ( $5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ); FarRed ( $23 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )

*Casal et al.—Light Quality Effect on Grass Shoots*

3

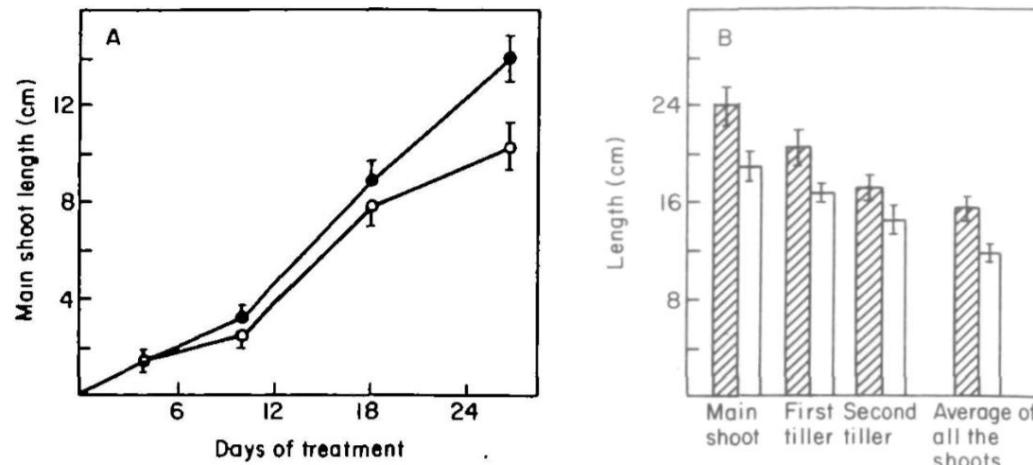


FIG. 1. A, Variation in main shoot length of *Lolium multiflorum* plants treated with end-of-day R (○) or FR (●) irradiations (means of 10 replicates per treatment); B, Effect of end-of-day FR (■) or R+FR (□) irradiations on the length of *Lolium multiflorum* main shoot and tillers after 35 d of treatment (means of 12 replicates per treatment). Vertical bars represent  $2 \times \text{s.e.}$  mean.

# LEDs

## Möglichkeiten, Chancen und Grenzen

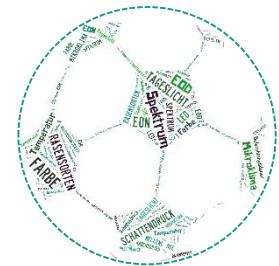
- Gezielte Einflussnahme auf die Entwicklung von Pflanzen
  - Erhöhung der Keimungsrate
  - Regulierung der Wuchshöhe
  - Verstärkung des Wurzelwachstums
- „End of Day“ oder „End of Night“ Beleuchtung mit red/far red oder blauem Licht
  - Kurze Beleuchtungszeiten (10-60 min) mit geringen Intensitäten sind ausreichend ( $5-20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )
- „All in one“ System
  - Anpassung der Beleuchtung auf die jeweiligen Bedürfnisse/Anforderungen



# LEDs

## Möglichkeiten, Chancen und **Grenzen**

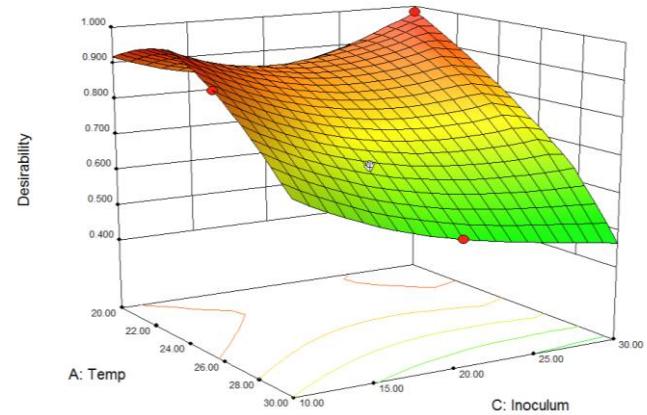
- Der überwiegende Anteil der publizierten Erkenntnisse im Bereich „Lichtsignale“ beruht auf Untersuchungen in Arabidopsis
  - Wenige Untersuchungen mit Rasensorten, z.T älter (1960er)
- LED Technologie erlaubt viele Freiheitsgrade – hohes Potential aber viele Variablen
  - Welche Wellenlängen/Mischungen – nur blau/rot oder alle Farben?
  - Welche Intensitäten?
  - Welche Beleuchtungsdauern?
  - Supplementierung von Tageslicht, EON, EOD?
  - Welche Rasensorten?
  - Örtliche Beschränkungen (z.B Mikroklima, Schattendruck, Stress, ...)?



- Einsatz von statistischer Versuchsplanung (DoE) um die Vielzahl an Variablen zu berücksichtigen und Wechselwirkungen aufzudecken
- Einsatz von faktoriellen Versuchsplänen
  - Reduzierung der Anzahl an notwendigen Versuchen
- Erstellen von Wirkungsflächenmodellen
  - Vorhersagemöglichkeiten
  - Faktorinteraktionen

### Beispiel: Pflanzliche Zellkulturen für kosmetische Industrie

- Optimierter Prozess 4x schneller, bei nur 50% der ursprünglichen Kosten
- Versuchsdauer inkl Auswertung: 6 Wochen



Rasche S, Herwartz D, Schuster F, Jablonka N, Weber A, Fischer R, et al. More for less: Improving the biomass yield of a pear cell suspension culture by design of experiments. Nature Publishing Group. 2016 Mar 11;1–6.

- LEDs bieten interessante neue Möglichkeiten zur zusätzlichen Beleuchtung von Rasenflächen
  - Effizientere Beleuchtung (PAR)
  - Gezielte Auswahl des Spektrum, Beeinflussung der Morphogenese
  - ... aber nicht notwendigerweise das „Allheilmittel“
- Natriumdampflampen erzielen ähnliche Lichtausbeuten wie Hochleistungs-LEDs
  - Nachteilig sind jedoch das Farbspektrum und die starke Infrarotstrahlung
- Versuche mit LED-Einheiten haben gezeigt, dass ein Wachstum von Rasen sowie Keimung unter klimatisch ungünstigen Bedingungen möglich ist
- Statistische Versuchsplanung ist ein geeignetes Werkzeug um das Potential der LED-Technologie voll auszuschöpfen