

# Die Schattenseite des Lichts: Ökologische Auswirkung künstlicher Beleuchtung



Fabio Bontadina

Therese Hotz & Claudia Kistler

SWILD - Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation, Zürich

[www.swild.ch](http://www.swild.ch) / [www.helldunkel.ch](http://www.helldunkel.ch)

Runder Waldtisch, 26. Oktober 2017

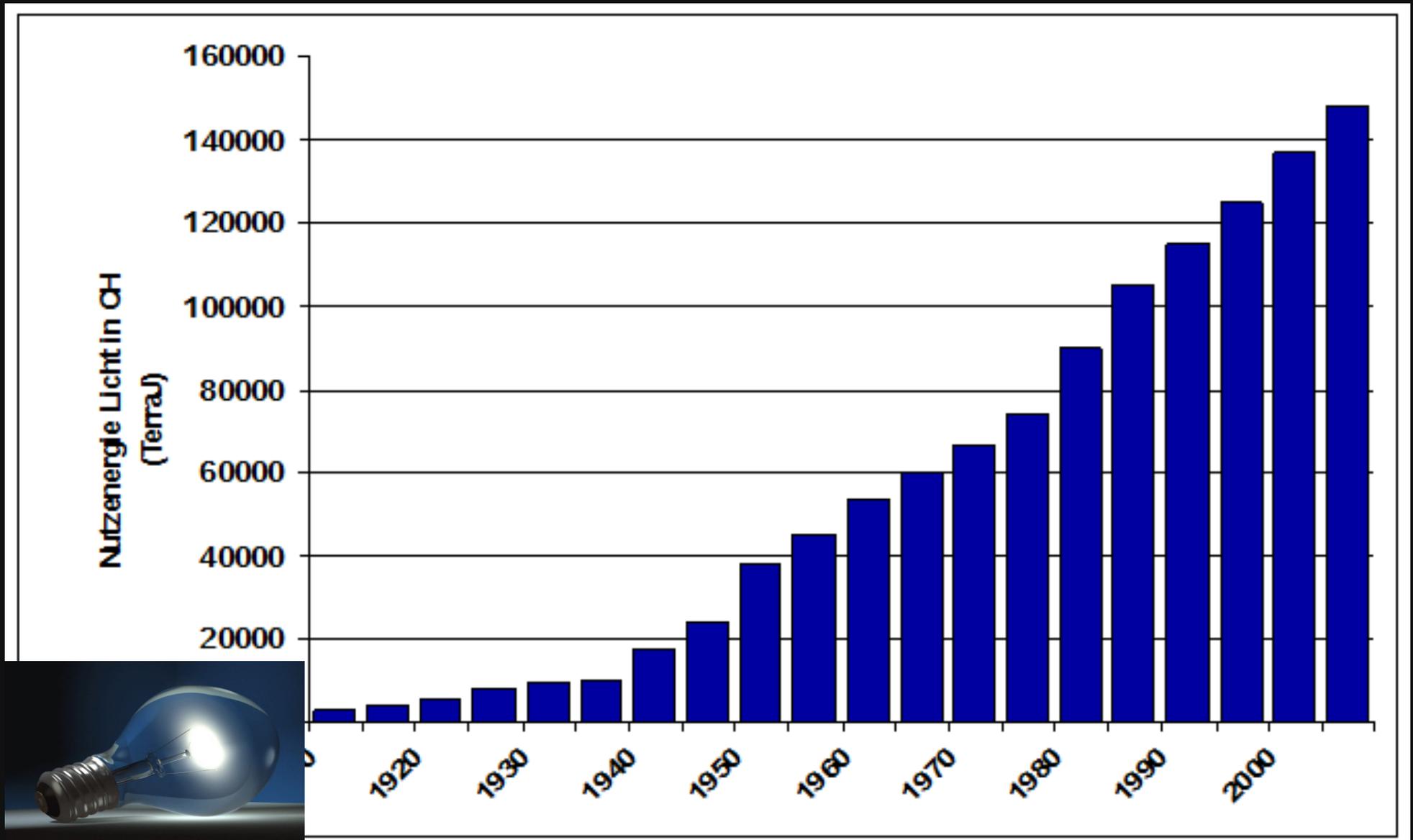
Arbeitsgemeinschaft für den Wald AfW



STADTÖKOLOGIE WILDTIERFORSCHUNG KOMMUNIKATION



# Exponentielle Zunahme des Lichteinsatzes



1879

# Lichtimmission – Lichtverschmutzung

- Umweltproblem → kann **ökologisch und landschaftlich** lästige oder schädliche Auswirkungen haben

- **Verlust des Sternenhimmels:** 60% der Bevölkerung in Europa sieht die Milchstrasse nicht von Auge (Falchi et al., Science Adv. 2016)

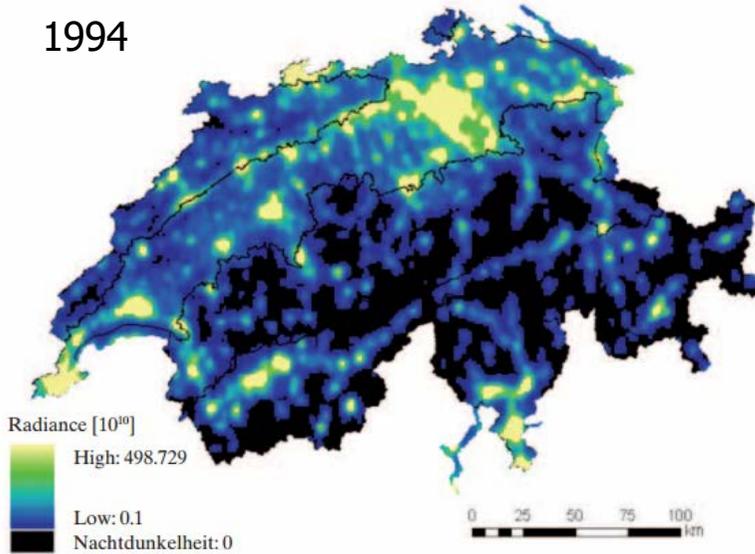
- Zunahme der Lichtemissionen weltweit

# Global Change



# Schweiz: das Verschwinden der Nacht

1994



2003

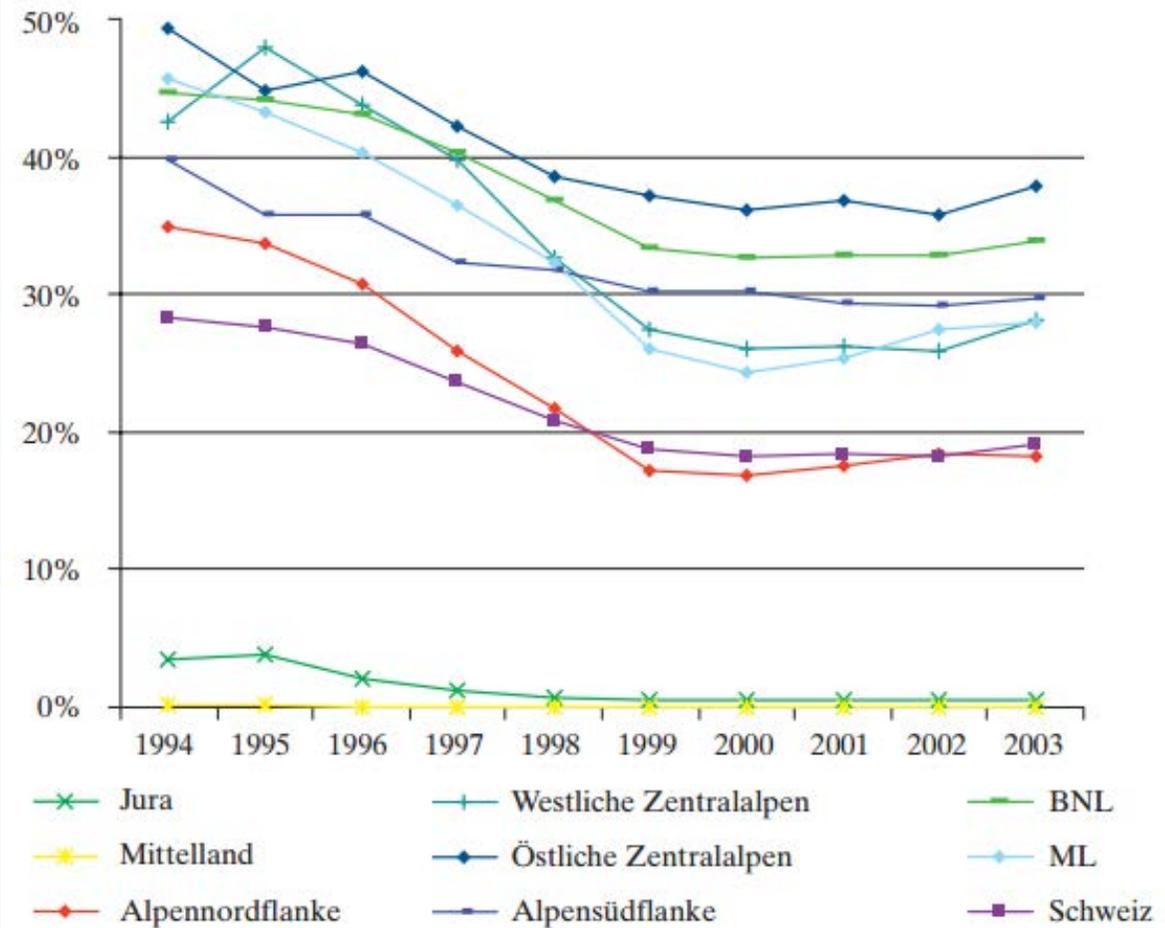
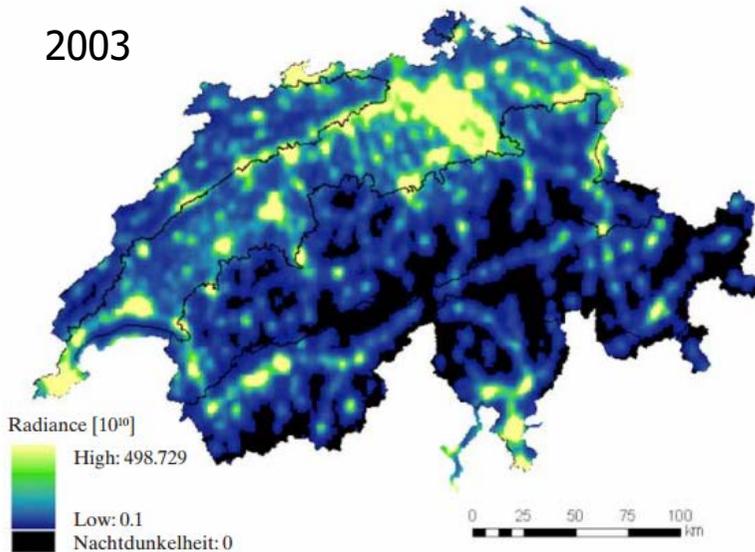


Abb. 9. Flächenanteil mit Nachtdunkelheit (0-Wert) im Zeitverlauf der Jahre 1994–2003 (jeweils gemittelt über die drei letzten Jahre).

Abb. 8. Satellitenbild mit Lichtemissionen der Schweiz für das Jahr 1994 (oben) und 2003 (unten).

# Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung: **im Wald?**

Tag-Nacht Wechsel

Auswirkungen auf Pflanzen

Bewegungen zum Licht: Positiv – Negativ

Desorientierung

Meidung: Barriereneffekt

Blendung

Auswirkungen auf Lebensgemeinschaften

Auswirkungen auf Menschen

# Evolutionäre Anpassung an vorhandenes Licht: Tag-Nacht Wechsel

- Die innere Uhr wird durch Tag-Nachtwechsel auf den 24-Stundenwechsel eingestellt (**circadianer Rhythmus**).
- Die innere Uhr passt sich an die sich ändernde Tageslänge (Photoperiode) innerhalb des Jahres an und steuert saisonale Funktionen (**annueller Rhythmus**).



# Lichtgesteuerter Jahresrythmus / Tagesrythmus

## Jahresrythmus

- Samenkeimung
- Stängelwachstum, Blattausdehnung
- Übergang vom vegetativen zum Blühstatus
- Blüten- und Fruchtentwicklung

## Tagesrythmus

- Atmungsaktivität und Photosynthese
- Zellulärer Stofftransport
- Stofftransport im Organismus

# Pflanzen und künstliches Licht

- **Dauerlicht:**  
Photosynthesevermögen  
erlahmt
- **Störlicht in Dunkelphase**  
je nach Art:  
Verhinderung der  
Blütenbildung oder aber  
optimale Blütenbildung



photo © Fabio Bontadina

Positiv – Negativ phototaktisch



photo © tromasbronot

# Phototaxis bei Tieren

→ artspezifisch

Wald: dunkel vs. Waldrand & Krone: lichtexponiert

■ **Positiv phototaktisch:** Bewegung in Richtung der Lichtquelle

Larven oder Imagos vieler nachtaktiver Insektengruppen:

Schmetterlinge (Nachtfalter), Käfer, Mücken, Fliegen,

Schnaken, Schwebefliegen, Köcherfliegen, Wespen,

Wanzen, Grillen, Brückenkreuzspinne,

87% von 121 Amphibienarten, Heringe/Lachs



■ **Negativ phototaktisch:**

Bewegung von der Lichtquelle weg

Aal, Larven von Leuchtkäferchen (reagieren nur auf rotes

Licht nicht).



# Anziehung durch künstliches Licht: Auswirkungen

## Negative Effekte

- Entfernung von natürlichem Lebensraum
- Energievorräte aufgebraucht
- Nahrungsaufnahme / Reproduktion verhindert
- Sterberisiko (Verbrennen, Beute von Feinden)
- Wanderverhalten zeitlich oder räumlich verändert
- Vorkommen der Art verändert

## Positive Effekte

- Verlängerte Aktivitätsphase: mehr Zeit für Nahrungsaufnahme
- Einfachere Jagd bei Beuteansammlungen

**Konsequenz:** Des einen Freud, des anderen Leid

→ Änderungen im Vorkommen

Desorientierung



photo © prairiedog

# Auswirkung von Licht auf nachts fliegende Zugvögel

Bei niedriger Wolkendecke, Dunst oder Nebel:

- Desorientierung, in Licht gefangen: Lichtdom
- Verlust von wertvollen Energiereserven für Zug
- Kollision mit Strukturen oder anderen Individuen
- Tod durch Erschöpfung / Schreckreaktion (JJ)

→ Wald begrenzt Licht, schafft dunkle Inseln

# Meidung von Licht

- Aktivitätsänderungen: Ausflugszeit bei Fledermäusen
- Verhaltensänderungen: tägliche Wanderungen der Wasserflöhe



→ Einschränkung des Lebensraum (Barriereeffekt)

## Meidung von Licht: **Barriere zum Wald**

- Verkehrsträger werden zu Barrieren
- Waldrand wird gemieden

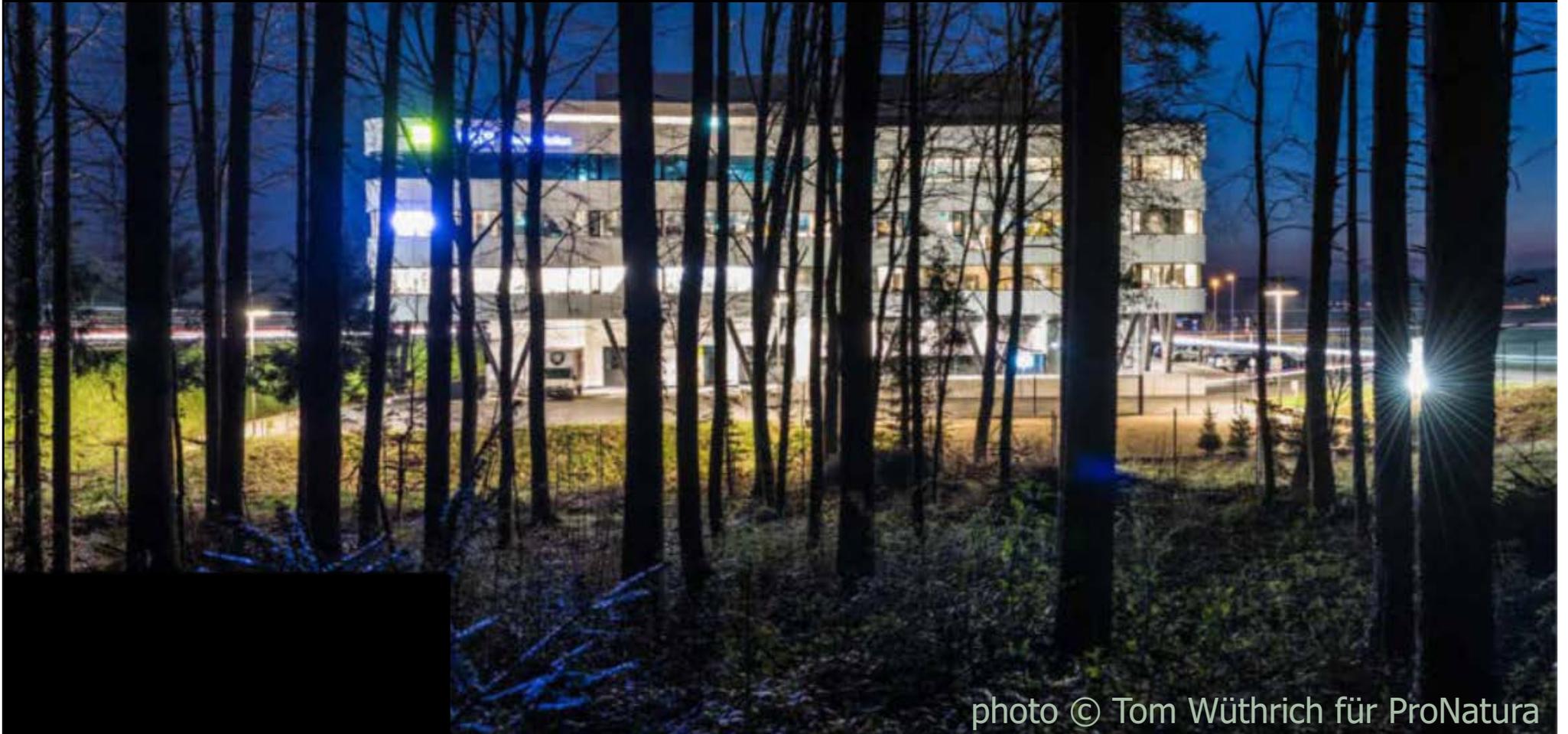


photo © Tom Wüthrich für ProNatura

# Blendung

- Helladaptation: wenige Sekunden

Fröschen fehlt nach Blendung jegliche visuelle Information

Bei Säugern nach Blendung: unwillig zu fliehen

- Dunkeladaptation: 10 – 40 Minuten:

→ Blendung kann auch im dunkeln Wald länger anhalten

# Auswirkung auf Lebensgemeinschaften

- Selektives **Sterberisiko** für verschiedene Tierarten
- Veränderte **Konkurrenz**
- Veränderte **Räuber-Beute-Beziehung**
- **Artenverschiebung**
- **Rückgang oder Aussterben** von kleinen isolierten Populationen einer bedrohten Art

# Folgerungen

→ Künstliche Beleuchtung grossen Einfluss auf Pflanzen und Tiere

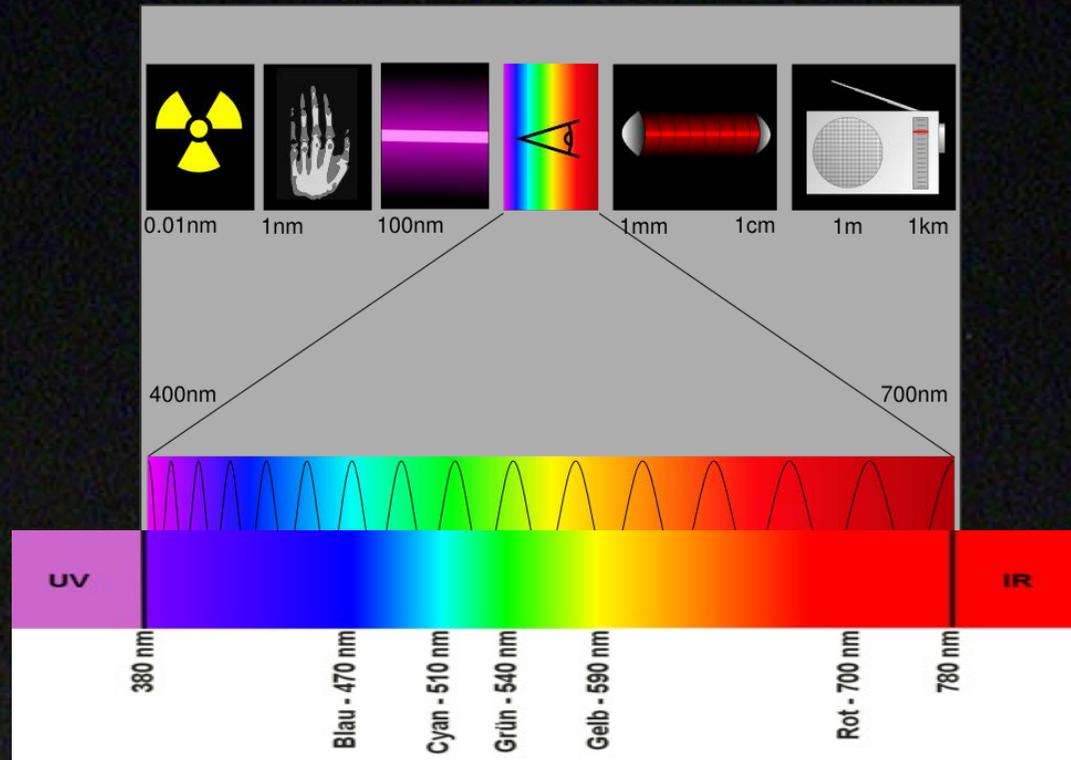
- Kleine Populationen / gefährdete Arten können existenziell betroffen sein
- Verschiebung der Artenzusammensetzungen / Lebensgemeinschaften
- Negative Auswirkungen von Nachtlicht für Menschen nicht zu verharmlosen
- Bewertung der Auswirkungen: je nach Intensität & Qualität des Lichts, sowie je nach Arten und dem Standort !

# Igis

- Einsatz von modernen, bewegungsgesteuerten LED-Leuchten
- **aber:** Systematische Untersuchungen zur Beurteilung der Auswirkungen von neuen Beleuchtungsformen und -konzepten auf die Fauna und sensible Lebensräume fehlen.



# Neben der Tageslänge: Lichtqualität



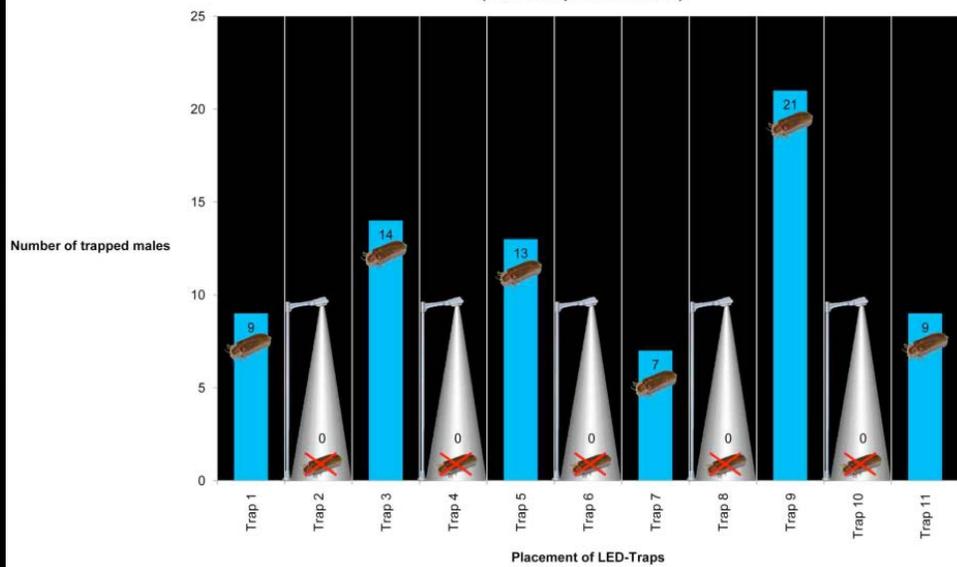
→ Wirkung bei vielen Insekten am stärksten bei 450nm (Blaubereich)

→ Aber: nicht so beim Glühwürmchen (keine Anziehung bei 485nm, Inhibition?)



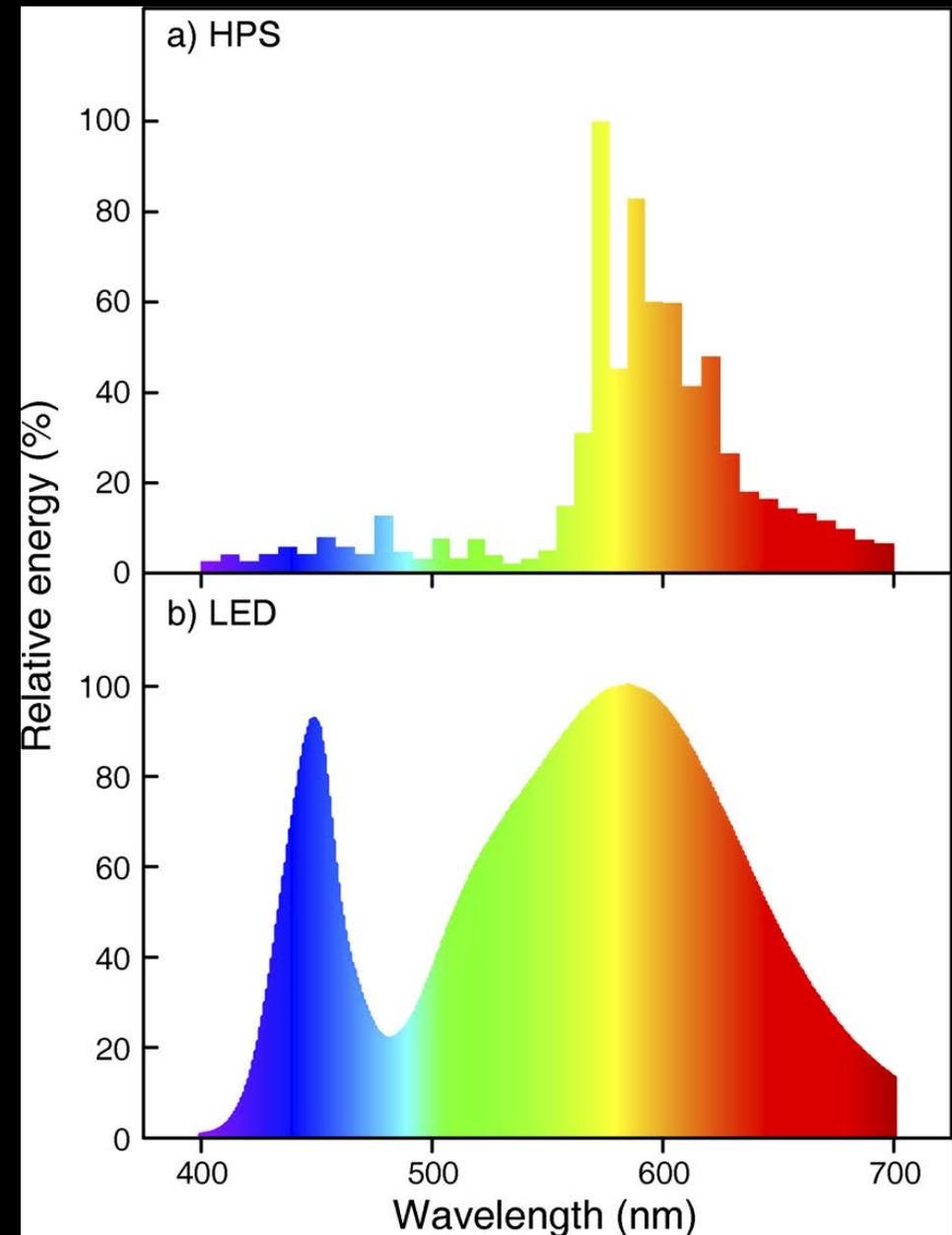


Trapped males during 11 evenings  
(Street lamps switched on)



# Studien zu den Auswirkungen von LED

- LED & nachtaktive Wirbellose (Pawson et al, 2014)
  - LED mit höheren Temperaturen (K) emittieren mehr blaues Licht
  - Vergleich weisse LEDs 4000 K mit Hochdruck-Natriumdampflampen (HN)



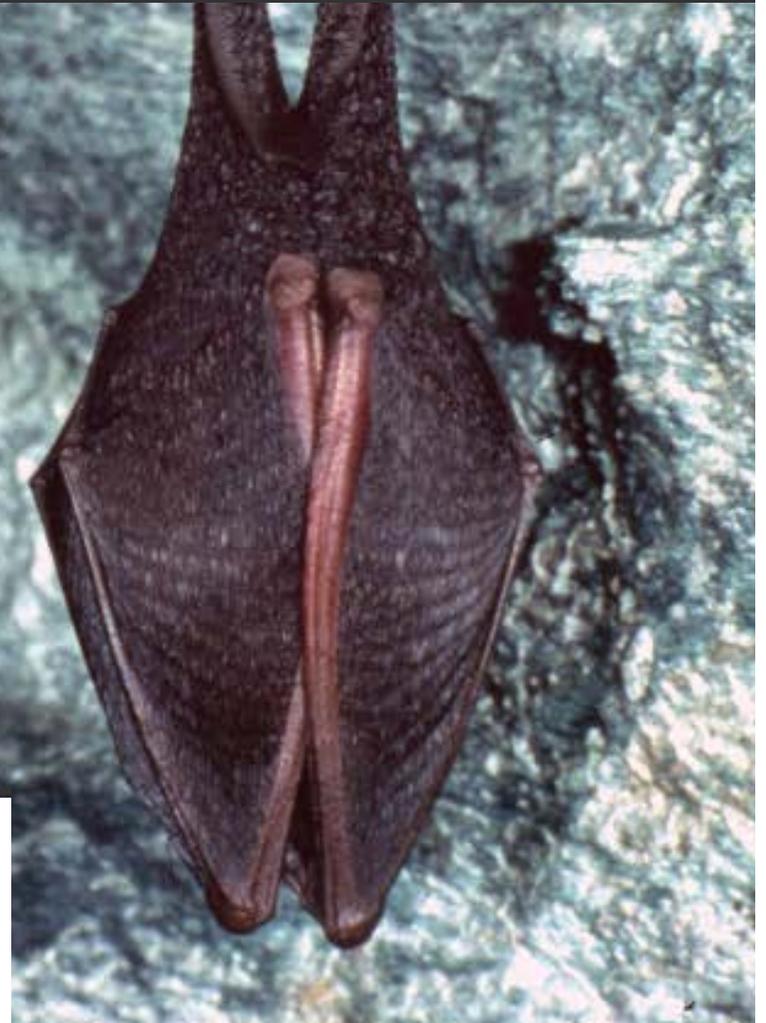
Untergang und Aufstieg der Kleinen Hufeisennase:  
hat sie eine Chance in der modernen Landschaft

u<sup>b</sup>

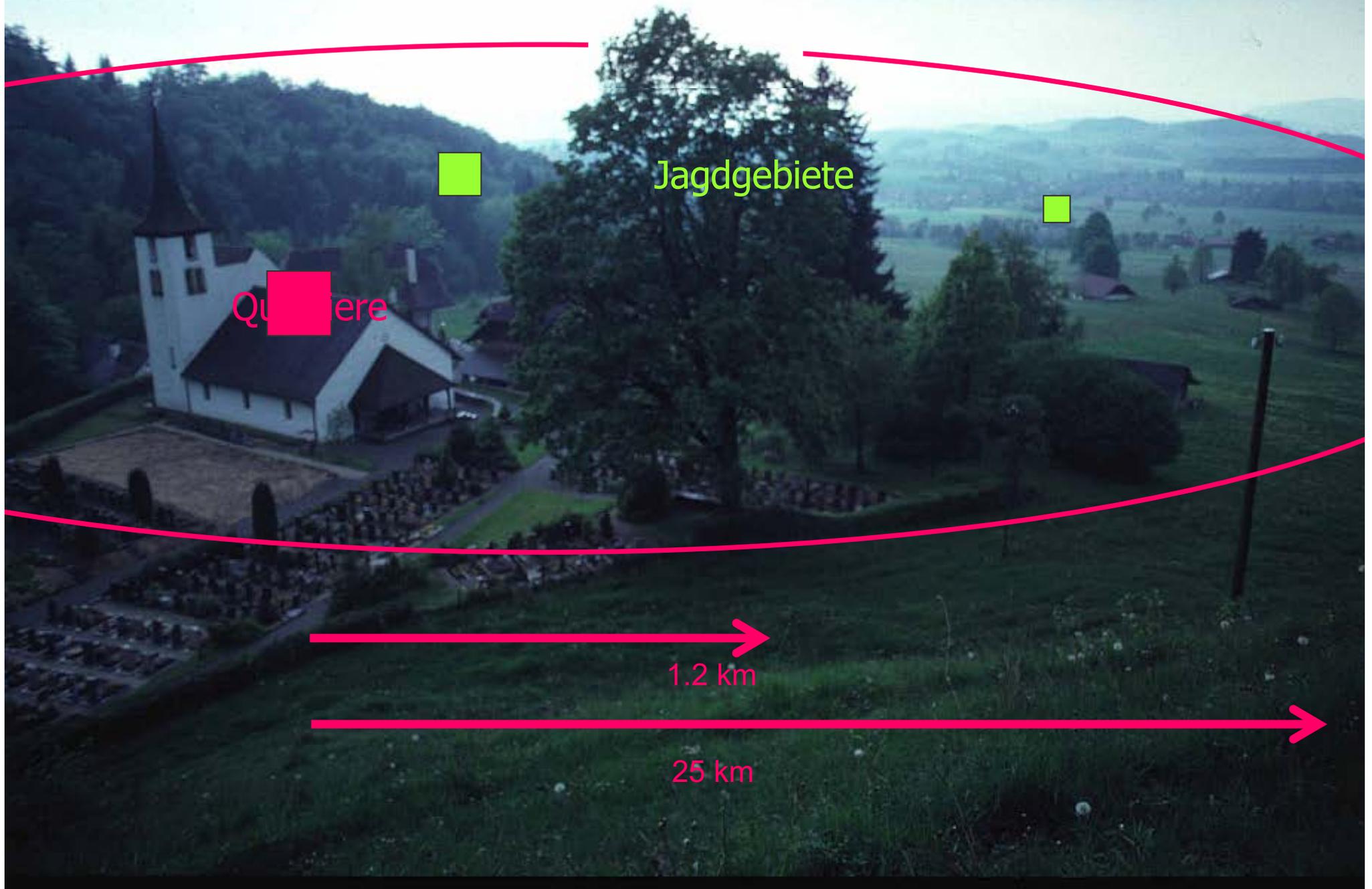
<sup>b</sup>  
UNIVERSITÄT  
BERN

University of Bern - Switzerland

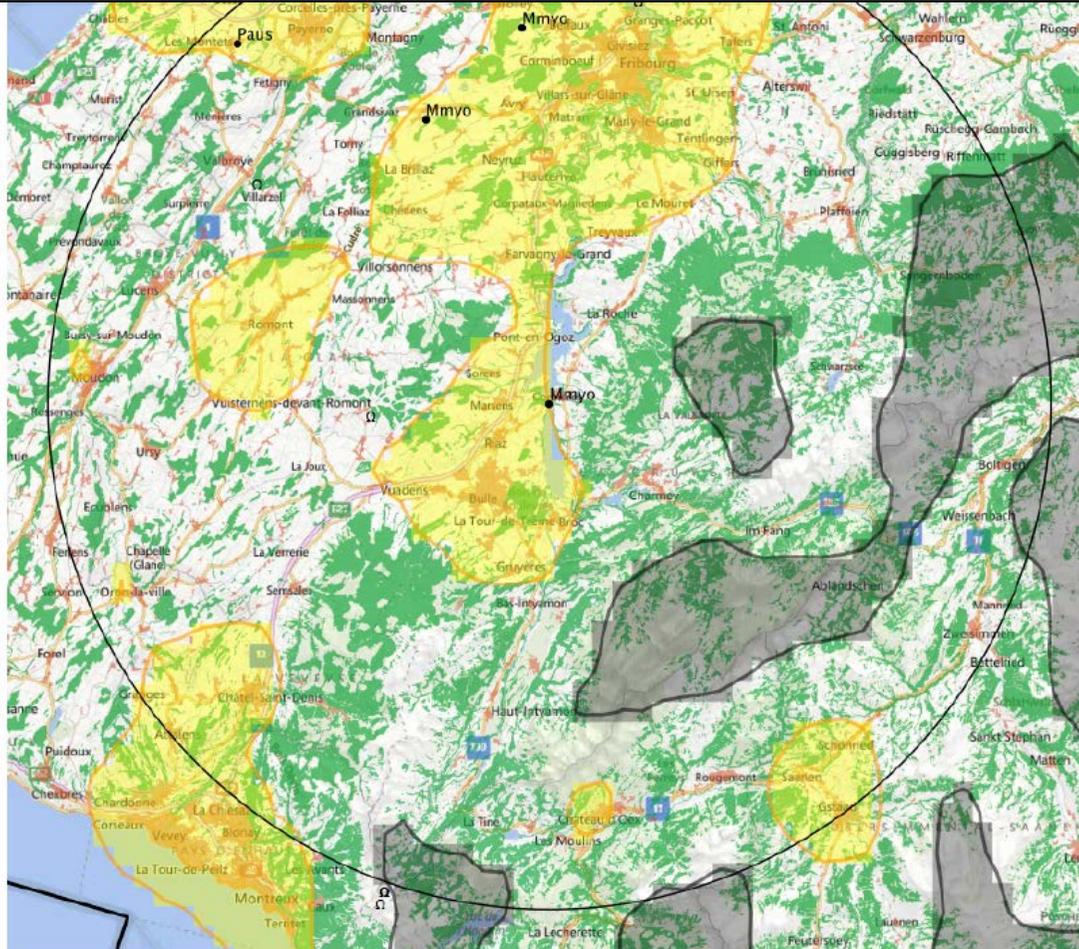
conservation  
biology



# ■ Lebensraumnutzung im Sommerlebensraum



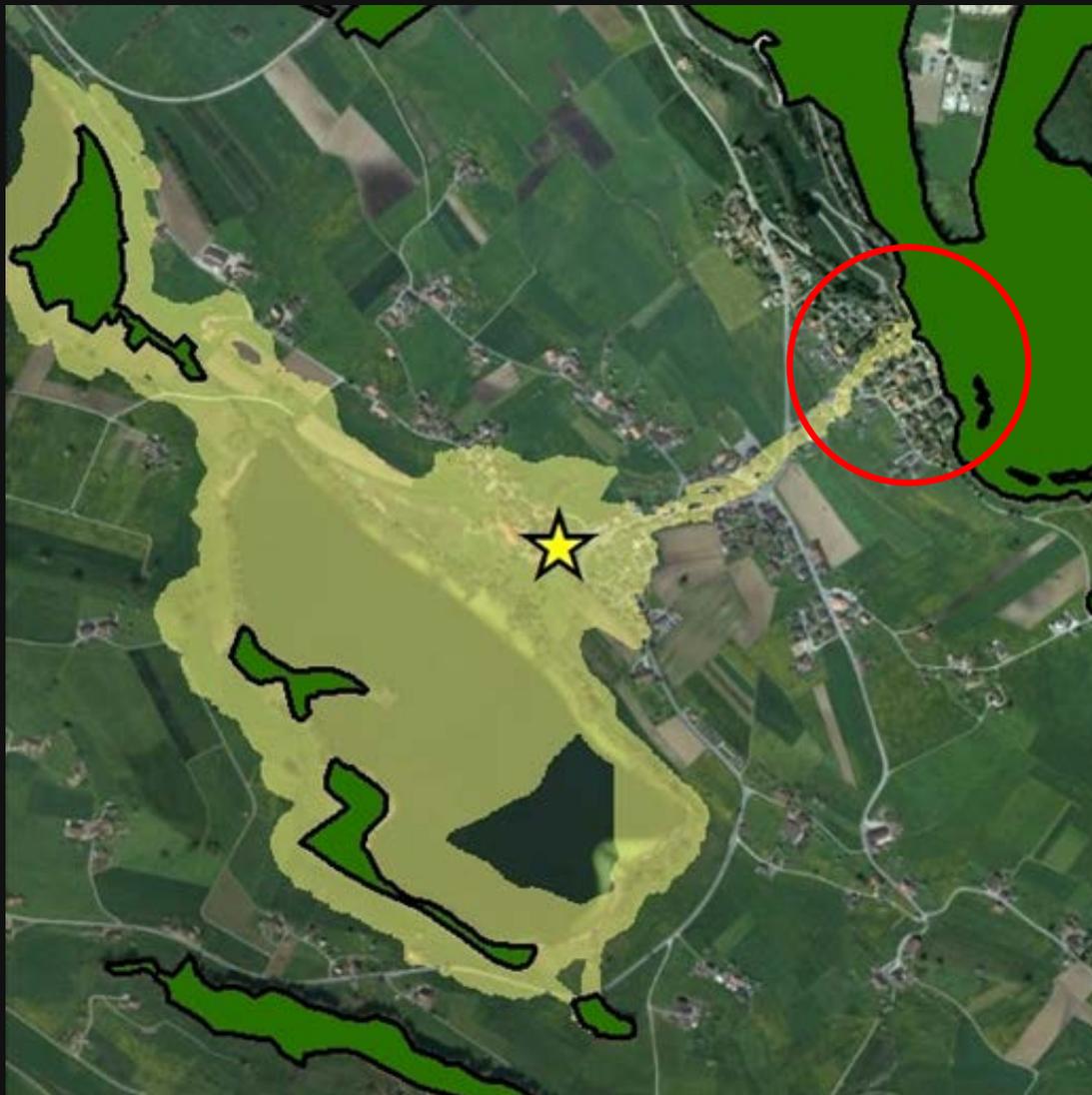
# Lichtbelastung im Jagdgebiet von Fledermauskolonien



<i>Myotis myotis</i>		/	
Espèce		ID Canton / CCO	
Corbières, Pont routier	1647 Corbières	FR	
Place	Code postale commune	Canton	
12,5 %	25 %	26 %	6 %
Nuit noire	Fortement éclairé	Forêt	Milieu bâti
Pollution lumineuse		Habitat	

- Colonie de reproduction
- Rayon d'action maximal autour de la colonie: 25 km
- Ω Caverne / Grotte
- Pollution lumineuse
- Nuit noire
- Fortement éclairé
- Proportion du milieu au sein du rayon d'action
- Forêt
- Milieu bâti

# Dunkelkorridore: zur Erreichung der Jagdgebiet im Wald





Licht wird verschwendet

Dunkelheit  
als wertvolle Ressource  
schützen

photo © Alessandro della Bella, Keystone

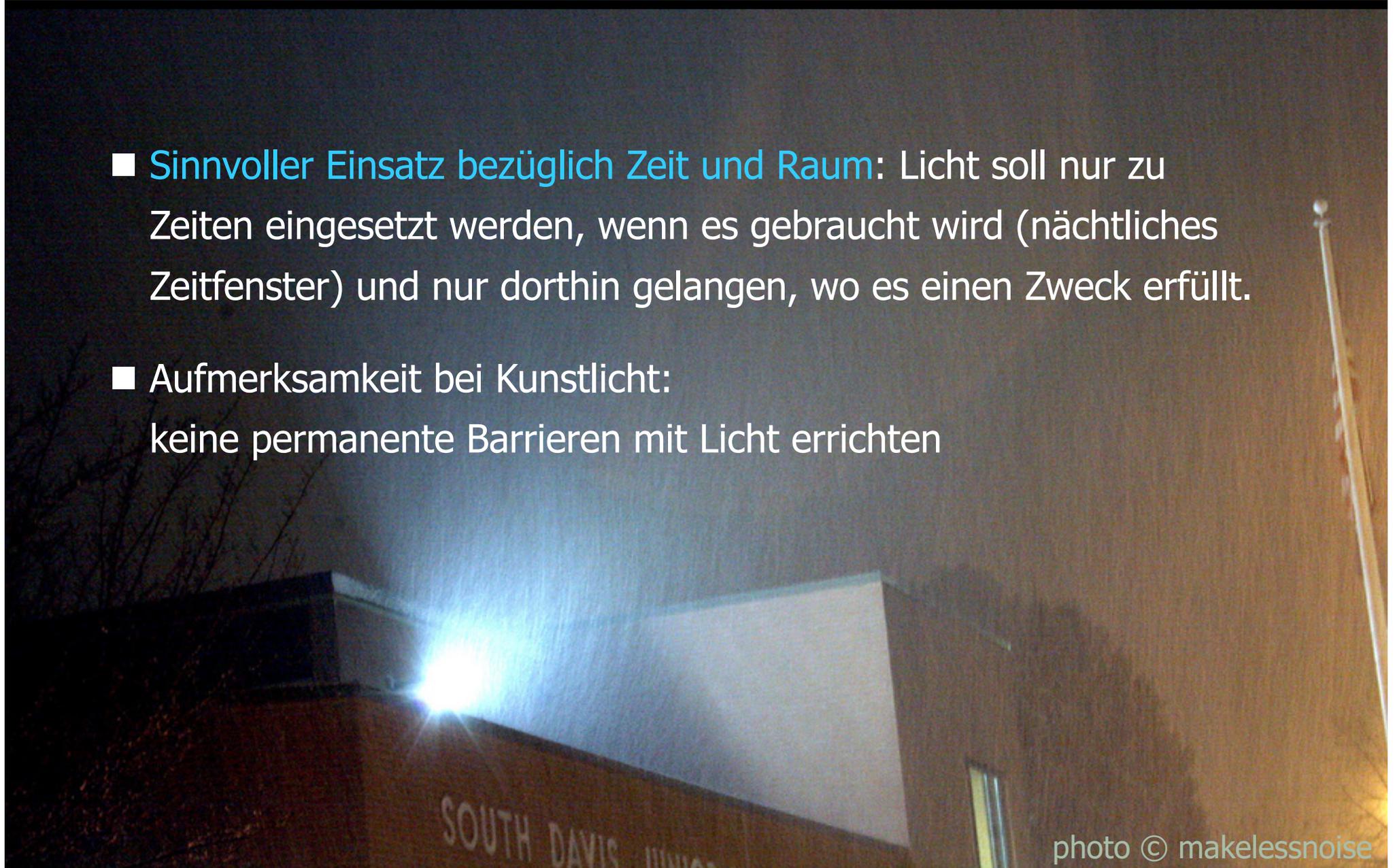
Ziel



Reduktion der negativen ökologischen Auswirkungen dank gezielter  
Verwendung von künstlichem Licht

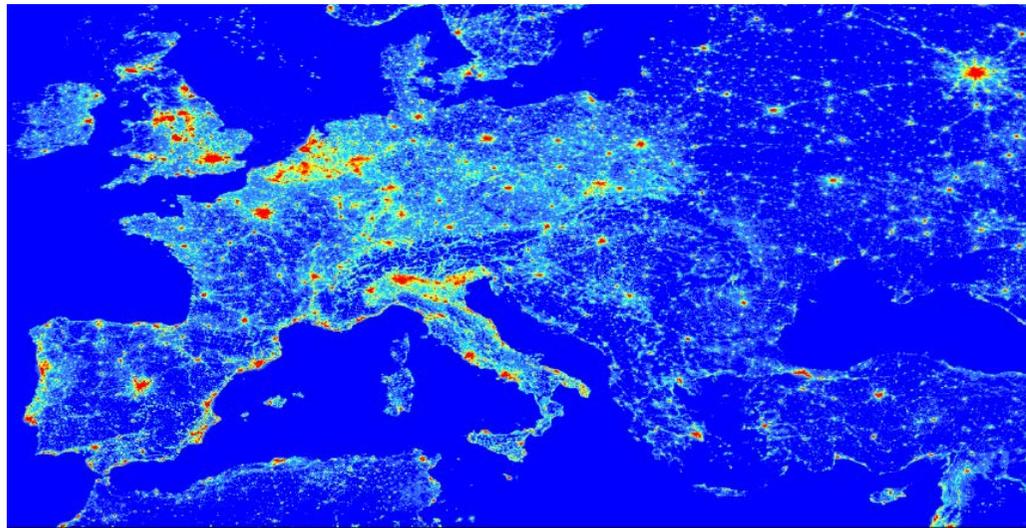
# Thesen für eine umweltverträgliche Beleuchtung **im Wald**

- **Sinnvoller Einsatz bezüglich Zeit und Raum:** Licht soll nur zu Zeiten eingesetzt werden, wenn es gebraucht wird (nächtliches Zeitfenster) und nur dorthin gelangen, wo es einen Zweck erfüllt.
- **Aufmerksamkeit bei Kunstlicht:**  
keine permanente Barrieren mit Licht errichten

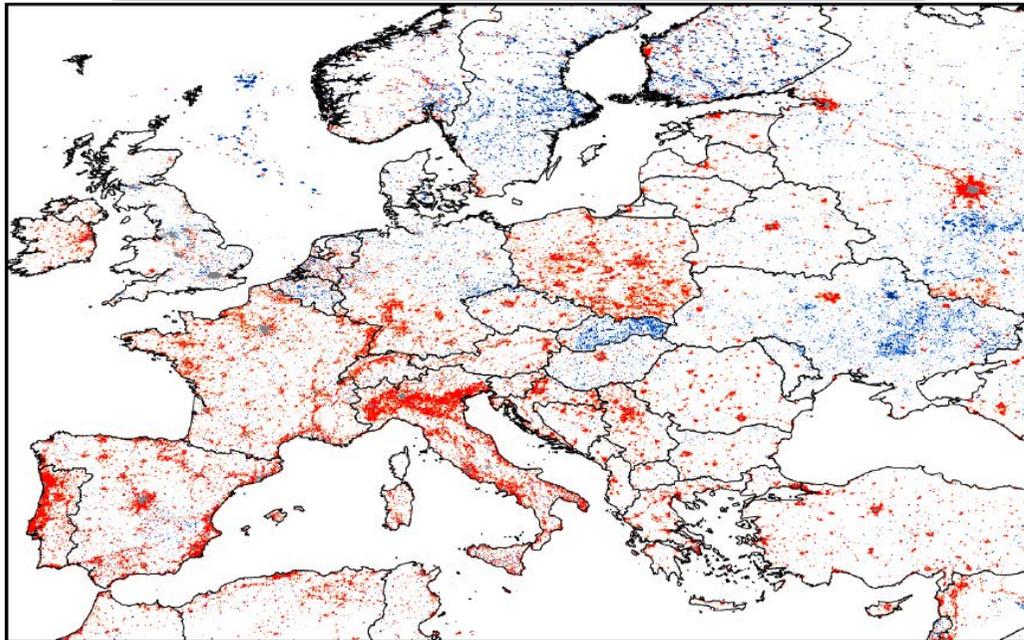
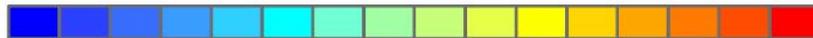


## Veränderung der Lichtemissionen

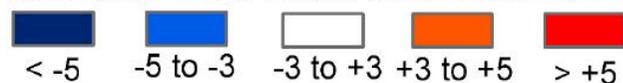
- Osteuropa: ökonomischer und industrieller Rückgang
- Slowakei: Sparmassnahmen
- Belgien: Abschalten der Autobahn-Beleuchtung



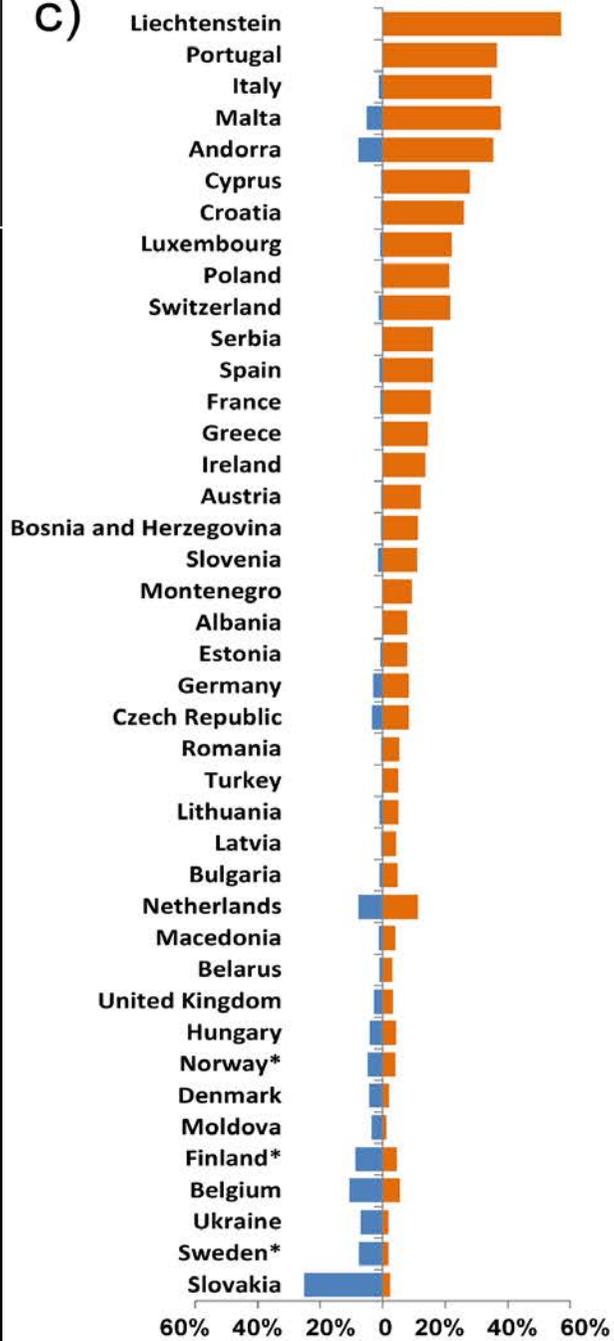
Pixel brightness (calibrated digital number)  
Mean value 2005-2010



Change in brightness (calibrated digital number)  
between 1995-2000 and 2005-2010



c)

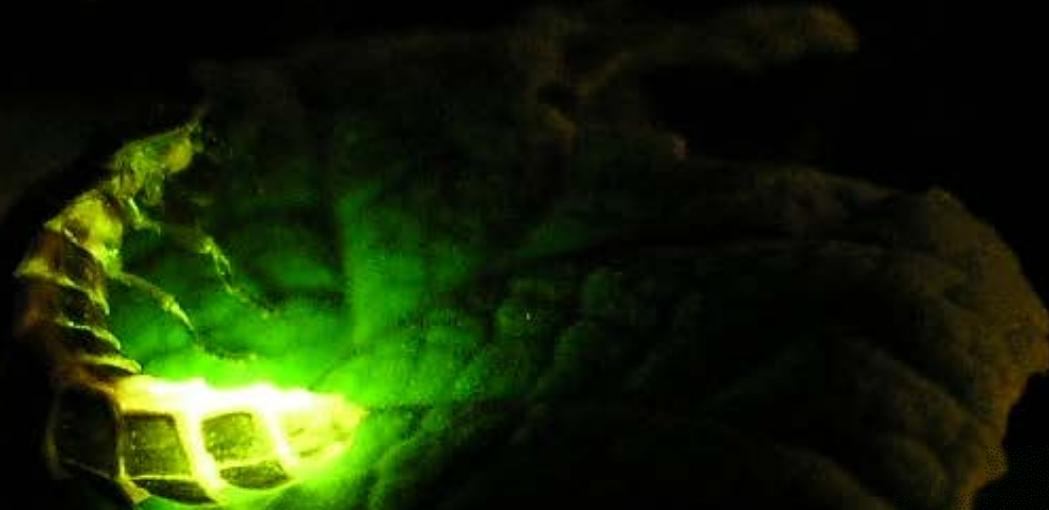


Percentage of land surface area increasing/decreasing in brightness between 1995-2000 and 2005-2010

## Veränderung der Lichtemissionen

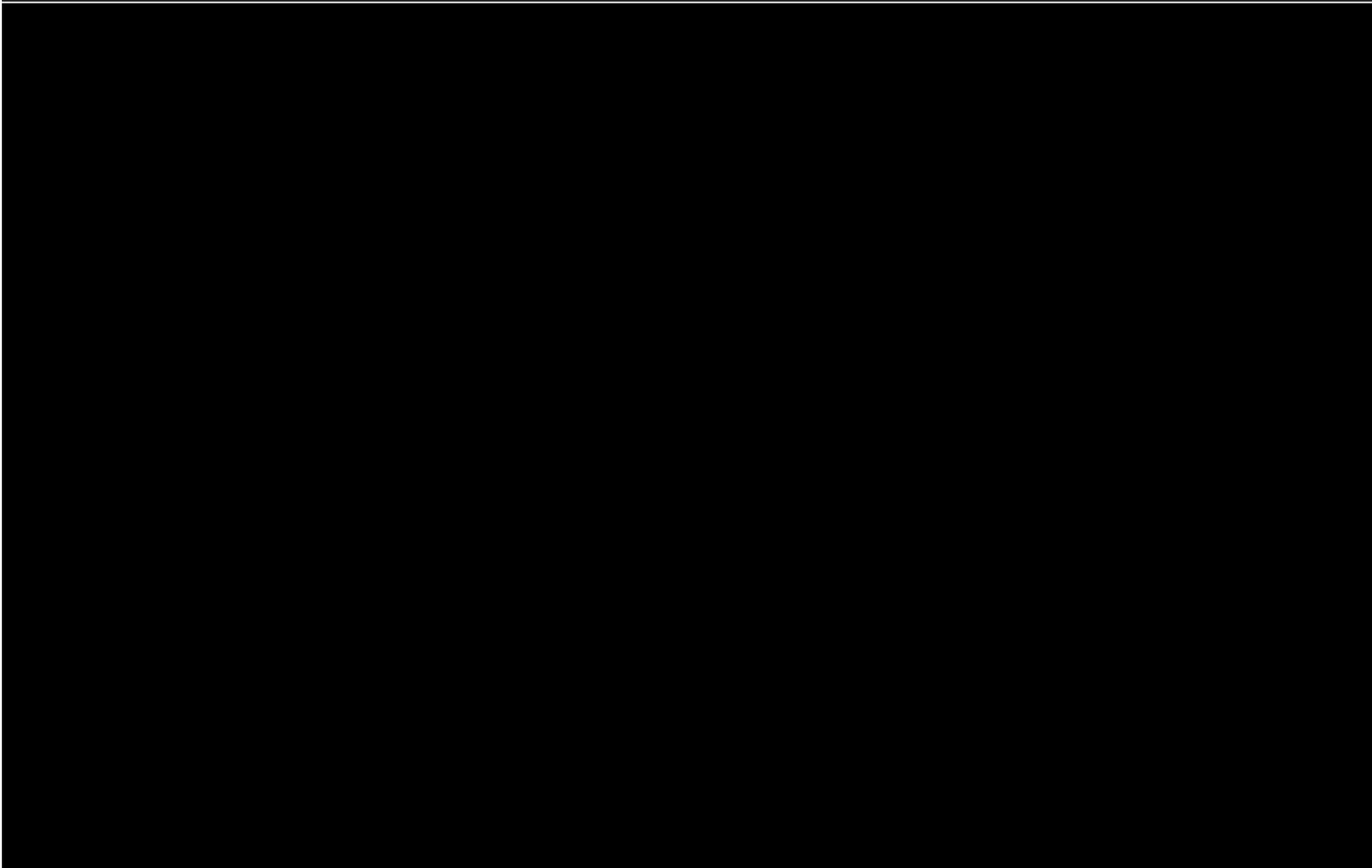
- Osteuropa: ökonomischer und industrieller Rückgang
- Slowakei: Sparmassnahmen
- Belgien: Abschalten der Autobahn-Beleuchtung

# Auch im Wald: Dunkelheit als wertvolle Ressource schützen



[www.helldunkel.ch](http://www.helldunkel.ch)

[inbox@swild.ch](mailto:inbox@swild.ch)



# Schaffhausen

## 2 Praxis-Beispiele aus Merkblatt Licht und Transparenz

- Reduktion
- bedarfsgerechte Beleuchtung



Kleiner Aufwand - grosse Wirkung: Am Infopavillon am Rheinfluss ist nur noch jede dritte Leuchtstoffröhre in Betrieb - ohne dass dadurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.



Dank Bewegungsmeldern und LED-Technologie wird die Beleuchtung am Müliweg in Beringen, der neben einem Fledermausquartier liegt, bedarfsgerecht gesteuert. Im Grundzustand sind die Lampen gedimmt, erst wenn sich Passanten oder Fahrzeuge nähern, wird aufgeblendet.

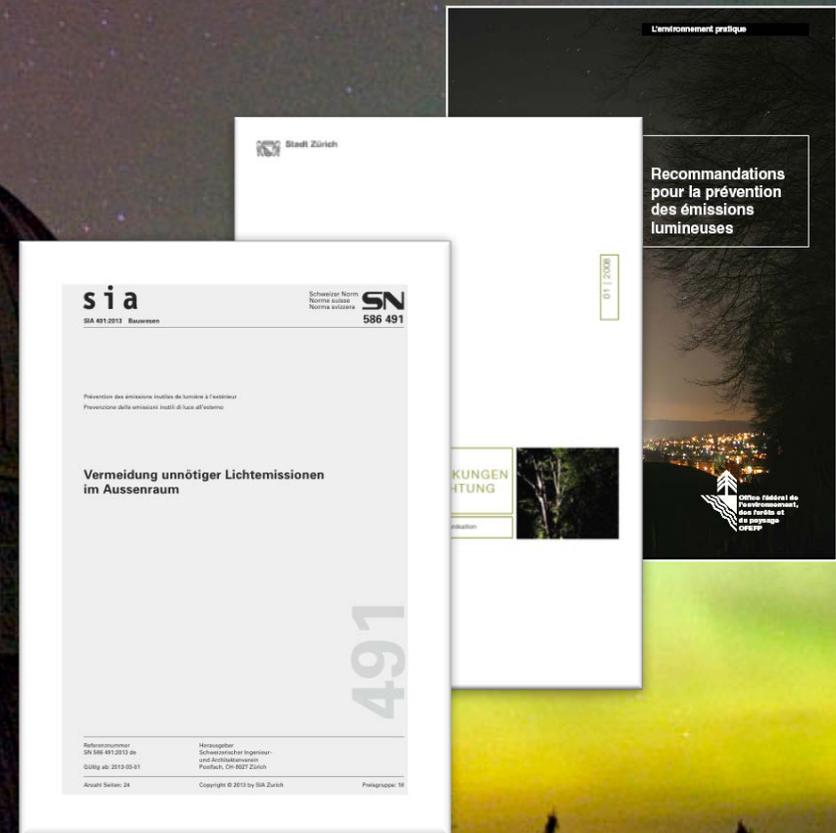
# Abklärung der Umweltverträglichkeit

- Kein Patentrezept: Beurteilung der Umweltverträglichkeit **vor Ort**
- Einbezug von Naturschutz- und Arteninventare: **Bewertung**
- **Abwägung** im Verhältnis mit anderen Nutzungsinteressen
- Beratung durch Fachperson / **ökologische Baubegleitung**

Abklärungen zu Lichtfarbe / Beleuchtungszeit / Raum Abklärungen: ● = notwendig; ○ = empfohlen	Beleuchtung unterlassen (Lichtfarbe anpassen)	Zeitliche Begrenzung der Beleuchtung		Erläuterungen zu den Empfehlungen
		auf bestimmte Jahreszeit	auf bestimmte Nachtstunden	
<b>Naturräume:</b> Dazu gehören die unverbaute Landschaft, Waldränder, die Gewässer, Feuchtgebiete sowie Naturschutzgebiete und andere naturnahe Standorte mit vielfältiger Tier- und Pflanzenwelt	●			In sensiblen Landschaftsräumen ist auf die Beleuchtung von Bauwerken und Strukturen zu ästhetischen oder Reklamezwecken zu verzichten. Nutz-Beleuchtungen (für Arbeit und Sicherheit) müssen bezüglich Umweltverträglichkeit optimiert sein (d.h. möglichst zielgerichtet und mit angepasster Lichtintensität und Lichtfarbe).
<b>Gebäude, die sensible Tierarten beherbergen:</b> Fledermäuse oder schutzwürdige am oder im Gebäude nistende Vogelarten		●		Die Beleuchtung von Fledermausquartieren oder Lichteffekte, die auf solche Quartiere fallen, müssen von Mai bis September unterlassen werden. Gebäudeteile, die schutzwürdige nistende Vögel wie Falken, Dohlen, Segler oder Schwalben beherbergen, dürfen von März bis August (je nach Art) nicht beleuchtet werden.
<b>Sensibler Standort:</b> Auf Hügel, neben offener Fläche, zum Beispiel schutzwürdige Standorte am Fluss- oder Seeufer, in der unverbauten Landschaft oder am Waldrand		●	●	Bei Bauwerken, die an sensiblen Standorten stehen, sollte wenn immer möglich von einer Beleuchtung abgesehen werden. Falls dies nicht der Fall ist, sollten die Lichtintensität und die Lichtfarbe optimiert werden und die Beleuchtung mindestens von Frühling bis Sommer ab 22 Uhr gelöscht werden.
<b>Nicht sensibler Standort:</b> An niedrigem Landschaftspunkt, inmitten von Gebäuden		○	○	Auch in nicht sensiblen Gebieten empfiehlt es sich, die Beleuchtung von Bauwerken oder sonstigen Strukturen ab 22 Uhr, spätestens ab 24 Uhr abzuschalten, insbesondere aber bei Hochnebellagen im September und Oktober.
<b>Überragende Höhe des beleuchteten oder erleuchteten Bauwerks:</b> Höher als die umgebenden Gebäude		●	●	Bei Gebäuden mit mehr als 20 Stockwerken muss die Innenbeleuchtung zu Reklamezwecken von März bis Mai und August bis November möglichst ab 22 Uhr, spätestens ab 24 Uhr unterlassen werden. Die Nutzbeleuchtung (für Sicherheit und Arbeit) soll bezüglich der Umweltverträglichkeit optimiert werden..
<b>Nicht überragende Höhe des beleuchteten oder erleuchteten Bauwerks:</b> Gleich hoch oder niedriger als umgebende Gebäude		○	○	Es empfiehlt sich, die Beleuchtung von Bauwerken oder sonstigen Strukturen möglichst ab 22 Uhr, spätestens ab 24 Uhr abzuschalten, insbesondere aber bei Hochnebellagen im September und Oktober.

## Ansätze auf Behörden- und Planungsebene

- BAFU: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen (2005)
- Grün Stadt Zürich: Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung (2007)
- SIA-Norm 586 491 (seit 2013)



# Ökologisch verträglichste Leuchten einsetzen

- **Notwendigkeit** hinterfragen
- **Zielgerichteter** Lichtstrahl
- Möglichst **geringe Beleuchtungsstärke**
- **Abdichtung** der Lampen
- Lampe mit **geringem Blauanteil**

