

# Ökologie der Zeit und künstliche Beleuchtung in der Nacht

Martin Held und Franz Hölker

“In addition to the more or less static properties of the environment, plants and animals must cope with its temporal variations.” (Gwinner 1986: V)

## 1. Ökologie der Zeit

Das Leben auf der Erde ist rhythmisch: geprägt durch die Gezeiten, Tag und Nacht, den Mondzyklus, die Jahreszeiten. Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Rhythmen und ihre Variabilität ist ein Bestimmungsfaktor der Vielfalt des Lebens.

Das Leben evolvierte in verschiedensten Lebensräumen: im Meer mit seinen unterschiedlichen Tiefen, in Seen, Fließgewässern, auf dem Land mit seinen unterschiedlichen Klimazonen und Höhenlagen, in Wäldern, auf Bäumen, in der Erde oder im Luftraum. An allen diesen Orten verbreitete sich das Leben (Biotope).

Ebenso evolvierte das Leben in den unterschiedlichen *Chronotopen*: Es gibt nachtaktive ebenso wie tagaktive Arten (Tab. 1). Viele Tierarten wandern im jahreszeitlichen Rhythmus, so gibt es den Vogelzug über tausende und abertausende von Kilometern. Bei manchen Arten wechseln sich aktive Phasen mit Winterschlaf oder Winterruhe ab. Die Rhythmik der Generationenabfolge ist bei den Arten sehr unterschiedlich, sie geht bis hin zu längeren Zeitskalen wie etwa bei der Feuerökologie.

**Tabelle 1: Anteil nachaktiver Tierarten**

Quelle: Hölker et al. (2010)

	Nachaktive Arten (%)
<b>Wirbeltiere</b>	
Säugetiere	63.8
Primaten (incl. <i>H. sapiens</i> )	31.0
Fledermäuse	100.0
Vögel	19.6
Reptilien	16.6
Amphibien	93.3
Fische	14.1
<b>Subtotal</b>	<b>28.0</b>
<b>Invertebraten</b>	
Insekten	49.4
Schmetterlinge	77.8
Käfer	60.0
Krebstiere	50.0
Spinnentiere	5.0
...	...
<b>Subtotal</b>	<b>64.4</b>

Im 19. Jahrhundert wurde der Traum einer kontrollierten künstlichen Beleuchtung realisiert, was mit massiven Veränderungen im Tag-Nacht-Rhythmus einherging. Die künstliche nächtliche Beleuchtung ist heute aus dem Weltall gut erkennbar (Abbildung 1). Angesichts der Rhythmik des Lebens gilt: Die künstliche nächtliche Beleuchtung greift in die Lebensbedingungen vieler Arten, sogar ganzer Ökosysteme ein – und das potenziell extrem weitreichend.

Bei einer zeitökologischen Betrachtung ist dies unmittelbar erkennbar. Bei der bisher vorrangig auf die räumliche Dimension ausgerichteten Betrachtung des Naturschutzes kam dies dagegen nicht in den Blick. Zwar gibt es bis zu einem gewissen Grad ad-hoc temporale Elemente, wie etwa jahreszeitliche Begehungsverbote, Jagd- und Schonzeiten, aber keine dem Raum vergleichbare systematische Einbeziehung der Zeit. Für den Nachtschutz empfiehlt es sich, die zeitökologischen Grundlagen systematisch aufzuarbeiten und sich zunutze zu machen.

Vom Tutzingener Projekt *Ökologie der Zeit* wurde der Begriff „Ökologie der Zeit“ bewusst eingeführt: „Damit soll verdeutlicht werden, daß es nicht darum geht, ökologisch relevanten Fragestellungen einfach noch Zeitaspekte – im Sinne von Ökologie *und* Zeit – hinzuzufügen. Vielmehr sind systematisch Zeiten des menschlichen und außermenschlichen Lebens in ihren

verschiedenen Aspekten und Zusammenhängen zum Gegenstand zu machen. Ökologie der Zeit, das bedeutet, die vielfältigen Zeitformen – Rhythmen, Systemzeiten, Eigenzeiten, den rechten Zeitpunkt (*kairos*), angemessene Geschwindigkeiten (*Tempo*), Evolution und Wandel etc. – in der individuellen Lebensgestaltung, ebenso wie bei der Ausgestaltung der kulturellen Zeitordnungen (einschließlich der Wirtschaftsordnung), zu erkennen und zu berücksichtigen.“ (Geißler und Held 1995)

### **2. Rhythmik, sensitive Zeiten und das Zusammenspiel von Raum-Zeit-Skalen**

Nach chronobiologischen Erkenntnissen (siehe Beiträge Bromundt, Knab) entspricht die menschliche Tagesrhythmik lediglich *ungefähr* 24 Stunden. Daher spricht man von der circadianen Rhythmik (*circa* = ungefähr; *dies* = Tag). Es gibt unterschiedliche Chronotypen: Morgenmenschen (Lerchen), Tagmenschen und Abendmenschen (Eulen). Licht ist der wichtigste Zeitgeber, der die innere, circadiane Rhythmik mit der äußeren Rhythmik von lichtem Tag und dunkler Nacht synchronisiert. Das Abweichen vom Tag-Nacht-Maß ist nicht eine Ungenauigkeit, ein Nachteil, sondern ein evolutiver Vorteil, der es beispielsweise erlaubt, sich auf wechselnde Jahreszeiten einzustellen. Entsprechend (phänotypisch) plastische Rhythmen erlauben eine gewisse Ordnung und Strukturierung bei gleichzeitiger Flexibilität.

Allgemein formuliert: „Rhythmen sind die Wiederkehr des Ähnlichen (nicht die Wiederkehr des Gleichen). [...] Rhythmen sind durch Variation und Flexibilität gekennzeichnet.“ (Hatzelmann und Held 2010). Wäre es anders, könnten wir Menschen keine Zeitzonen überfliegen – obgleich der Anpassungsprozess schon etwas dauert (*Jetlag*). Dies ist die Voraussetzung dafür, dass wir Menschen die künstliche Beleuchtung nutzen können. Aber auch der Tag-Nacht-Rhythmus ist nicht beliebig zu überspielen, da wir nach wie vor durch die evolutive herausgebildete Rhythmik geprägt sind. Es gibt temporale Freiheitsgrade – doch bei zu starker Überdehnung kann dies zu Problemen führen.

Diese Erkenntnisse der Rhythmusforschung aus der Chronobiologie des Menschen gelten allgemein für die Rhythmik aller Lebewesen und Ökosysteme. Sie sind unmittelbar für den Schutz der Nacht relevant: Sie erklären einerseits, warum trotz zum Teil extremer künstlicher Beleuchtung in der Nacht die ökologischen Folgen nicht direkt und sofort dramatisch sind (Flexibilität). Und sie erklären andererseits, warum über direkte Folgen etwa bei Insekten oder Fledermäusen sogar ökosystemare Wirkungen wahrscheinlich sind.

Ebenso sind die temporalen Erkenntnisse zu endokrinen Wirkungen chemischer Substanzen grundlegend: Colborn et al. (1996) entdeckte in den 1990er Jahren, dass vorher nicht erklärbare Schäden bei aquatischen Arten damit erklärbar sind, dass selbst kleine Dosen von Chemikalien in sensitiven Phasen der Fortpflanzung massive Beeinträchtigungen auslösen können. Insbesondere treten Schäden zum Teil erst in der übernächsten Generation auf. Neben der Rhythmik ist also bei der künstlichen Beleuchtung daher ebenfalls das Timing zu beachten (Forschungsrichtung der *heterochrony*), vor allem da Licht ein besonders starker Zeitgeber ist.

Holling (1986) arbeitete im Rahmen der Resilienz-Forschung heraus, dass Systeme durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Raum-Zeit-Skalen robuster werden können. Bisher wurden in der Forschung zu den Folgen künstlicher nächtlicher Beleuchtung vorrangig die direkten Effekte, etwa auf nachaktive Insekten oder Fledermäuse, untersucht (vgl. Beiträge Eisenbeis und Voigt/Lewanzik). Ergänzend dazu sollten die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Raum- und Zeitskalen relevanter Systeme untersucht und beachtet werden, um ein optimales Nachtmanagement für unterschiedliche raumzeitliche Kontexte wie Grünflächen, Uferzonen, Innenstädte, Wohngebiete zu unterschiedlichen Jahreszeiten entwickeln zu können.

### 3. Künstliche Beleuchtung – Treiber und Teil der Nonstop-Gesellschaft

In der Industriellen Revolution kam es mit der Nutzung der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas zu einer enormen Beschleunigung. In gleicher Zeit konnte man zunehmend weiter reisen, größere und schwerere Lasten über weitere Strecken transportieren. Die künstliche Beleuchtung brachte einen weiteren temporalen Schub: Die nächtlichen Ruhezeiten konnten zunehmend mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aktivitäten ausgefüllt werden. Die „Kolonisierung der Nacht“ (Melbin 1987; vgl. Beitrag Henckel) verkürzte die lange nächtliche Ruhepause. Durch die damit gleichzeitig ermöglichte künstliche Beleuchtung der schnellen, fossil angetriebenen Verkehrsmittel konnte zunehmend in der Nacht gereist und transportiert werden (vgl. Beitrag Neumann). Damit wurde die künstliche Beleuchtung zu einem der wichtigen Treiber der Nonstop-Gesellschaft (Adam et al. 1998).

Dies umschreibt die Tendenz, gemäß dem Rational „Zeit ist Geld“ immer mehr Pausen zu kürzen oder abzuschaffen. Damit kann man in gleicher Zeit noch mehr machen. Moore-Ede nennt dies die „24-Stunden-Welt“ (1993). Die künstliche nächtliche Beleuchtung ist nicht nur ein maßgeblicher Treiber sondern auch ein Teil der Nonstop-Gesellschaft. Dies bedeutet: Die Etablierung des Schutzes der Nacht als maßgebliche Aufgabe des Natur- und Umweltschutzes muss sich nicht nur mit einzelnen Aspekten der nächtlichen Beleuchtung wie Sicherheitsbedürfnis, Stadtmarketing, Events oder ähnlichem auseinandersetzen, sondern auch mit diesen übergeordneten Tendenzen zu Beschleunigung, Nonstop und Gleichzeitigkeit.

### 4. Timescapes und Nightscapes

Die zeitökologische Perspektive eröffnet den Blick auf Potenziale des Nachtschutzes. „Zeit“ wird vielfach vereinfacht mit Uhrzeit gleichgesetzt. Tatsächlich gibt es jedoch unterschiedlichste zeitliche Dimensionen (*temporalities*). Barbara Adam (1998) führte hierzu das Konzept der *timescapes* ein. Vergleichbar etwa zu Landkarten, auf denen je nach spezifischem Anwendungszweck Höhenlinien, Städte und Gemeinden, Gewässer, touristische Zielpunkte, Verkehrswege oder Rohstofflager in ihren räumlichen Bezügen abgebildet werden, können mit *timescapes* unterschiedlichste temporale Aspekte erfasst werden wie beispielsweise Geschwindigkeiten, Un|Gleichzeitigkeiten, Takt und Rhythmen, Un|Pünktlichkeit, *time-lags* und vieles mehr. Wörtlich müsste *timescape* mit „Zeitschaft“ übersetzt werden, tatsächlich ist „Zeitlandschaft“ die Übersetzung, die intuitiv ohne große Vorkenntnisse verständlich ist.

Geht man mit dem Konzept der *timescapes* an die Entwicklung der künstlichen nächtlichen Beleuchtung, folgt daraus unmittelbar die Unterscheidung in Taglandschaften und Nachtlandschaften (vgl. Beitrag Haber). *Nightscapes* und *dayscapes* sind Ausprägungen von Zeitlandschaften. Nachtlandschaften, in denen Lichtglocken die Dunkelheit der Nacht im wahren Wortsinn überblenden, sind von Nachtlandschaften zu unterscheiden, in der künstliche Beleuchtung in kleinen Inseln für gezielte Nutzungszwecke eingesetzt wird, ansonsten aber die natürliche Rhythmik von lichtem Tag und dunkler Nacht spielen kann.

Das von der NASA aus Satellitenbildern erstellte Bild der Welt bei Nacht wird vielfach ikonografisch verwendet (Abbildung 1). Es ist nicht nur der bildliche Ausdruck für das neue Konzept der *nightscapes*, sondern in in zeitökologischer Perspektive lehrreich:

- Das Bild wird zum einen als Ausdruck von prosperierenden Regionen verwendet: Beleuchtungsintensität als Indikator für wirtschaftliche Entwicklung und Aktivität.
- Zum anderen wird es gerade gegenteilig, nämlich als Beleg für die Lichtverschmutzung, den verschwenderischen, nichtnachhaltigen Umgang mit Energie eingesetzt.
- Tatsächlich fehlt jedoch durchgängig eine entscheidende Angabe: Zu welcher Zeit wurden die Einzelbilder aufgenommen, aus denen das Bild zusammengesetzt wurde? Je nach Jahreszeit und genauer Zeit in der Nacht, ist die künstliche Beleuchtung sehr unterschiedlich.



**Abbildung 1: Weltkarte der nächtlichen künstlichen Beleuchtung – Fotomontage von Satellitenbildern**

Quelle: NASA

Dies ist keine vernachlässigbare Ungenauigkeit. Vielmehr wird deutlich, dass die bisherige Auseinandersetzung mit der künstlichen nächtlichen Beleuchtung zentrale zeitliche Aspekte noch kaum beachtet: Beleuchtungsstärke und spektrale Charakteristika können im Nachtgang variieren (Kyba et al. 2012). Es stehen heute technische Mittel bereit, die Abstrahlung nach oben weitgehend einzuschränken und die seitliche Abstrahlung deutlich zu reduzieren. Mit den Möglichkeiten der zeitlichen Staffelung der Beleuchtung, Dimmen, Abschalten und Anschalten nur im Bedarfsfall sind bereits allein technisch Möglichkeiten gegeben, das Ausmaß der Verschwendung und Lichtverschmutzung drastisch zu begrenzen, von gesellschaftlichen Regelungen noch ganz abgesehen, die einen weiter reichenden Nachtschutz realisieren.

### Literatur

- Adam B (1998): *Timescapes of Modernity. The Environment & Invisible Hazards*. London/New York: Routledge.
- Adam B, Geißler KA, Held M (Hg.) (1998): *Die Nonstop-Gesellschaft und ihr Preis. Vom Zeitmißbrauch zur Zeitkultur*. Stuttgart/Leipzig: Hirzel.
- Colborn T, Dumanoski D, Myers J P (1996): *Our Stolen Future. Are We Threatening Our Fertility, Intelligence and Survival?* New York: Dutton.
- Geißler KA, Held M (1995): Grundbegriffe zur Ökologie der Zeit. Vom Finden der rechten Zeitmaße. In: Held M, Geißler KA (Hg.): *Von Rhythmen und Eigenzeiten. Perspektiven einer Ökologie der Zeit*. Stuttgart: Hirzel: 193-208.
- Gwinner E (1986): *Circannual Rhythms*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Hatzelmann E, Held M (2010): *Vom Zeitmanagement zur Zeitkompetenz*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Hölker F, Wolter C, Perkin EK, Tockner K (2010): Light pollution as a biodiversity threat. *Trends Ecol Evol* 25: 681-682.
- Holling CS (1986): The Resilience of Ecosystems: Local Surprise and Global Change. In: Clark WC, Munn RE (Hg.): *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge: Cambridge University Press: 292-316.
- Kyba CCM, Ruhtz R, Fischer J, Hölker F (2012): Red is the New Black: How the Color of Urban Skyglow Varies with Cloud Cover. *Mon Not R Astron Soc* 425: 701–708.
- Melbin M (1987): *Night as Frontier. Colonizing the World after Dark*. New York: Free Press.
- Moore-Ede MC (1993): *Die Nonstop-Gesellschaft. Risikofaktoren und Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit in der 24-Stunden-Welt*. München: Wilhelm Heyne.