

## Inhalt:

1. Kurzfassung .....	2
2. Einleitung .....	4
3. Erste Pläne und erste Probleme .....	5
4. Der Nabendynamo .....	5
5. Lichtquellen .....	6
6. Energiespeicher .....	8
6.1 Kondensatoren oder Akkus ? .....	8
6.2 Der Ladevorgang .....	8
6.3 Wie viel bringt das Laden des Akkus beim Bremsen wirklich ? .....	11
7. Standlicht .....	11
8. Bremslicht .....	12
9. Blinklicht .....	12
10. Diebstahlsicherung .....	13
11. Zusammenfassung der Vorteile meines Beleuchtungssystems .....	14
12. Literatur und Linkliste .....	15

## 1. Kurzfassung

Bekanntlich gehören Radfahrer zu den gefährdetsten Verkehrsteilnehmern. Deshalb ist es notwendig ihre Sicherheit im Straßenverkehr auf ein Maximum zu erhöhen. Hierbei ist die Erkennbarkeit ein sehr wichtiger Faktor; denn viele Unfälle rühren daher, dass Radfahrer gar nicht oder zu spät gesehen werden. Folglich ist das Lichtsystem des Fahrrads von größter Bedeutung; doch die Systeme, die heute auf dem Markt sind, weisen viele Schwächen auf. Gerade das normale System, in dem ein Reibraddynamo zwei Glühbirnchen speist, hat nicht nur sicherheitstechnische Mängel, sondern ist zudem auch noch wegen seines geringen Wirkungsgrades unnötig kräfteraubend. Außerdem ist es, da das Licht direkt am Reibraddynamo ein- und ausgeschaltet wird, unkomfortabel zu bedienen. Ein Sicherheitsmangel dieses Systems ist zum Beispiel, dass das Licht bei langsamer Fahrt nur schwach und im Stand gar nicht mehr leuchtet. Eine Lösung dieses Problems bieten Standlichter auf der Basis eines Kondensators sowie akkubetriebene Systeme, die an der Steckdose aufgeladen werden müssen. Doch beide Lösungen haben ein entscheidendes Problem: Das Kondensator-Standlicht hält nur drei bis vier Minuten. Dies kann sich an Baustellen und Bahnübergängen als unangenehm erweisen. Akkubetriebene Systeme halten zwar relativ lange, aber wenn der Akku sich erst einmal geleert hat, steht man hilflos im Dunkeln. Zum Wiederaufladen braucht man bekanntlich neben dem Ladegerät auch eine Steckdose. Natürlich müsste man den Akku vorausdenkend nachladen, aber wer denkt schon immer daran ?!

Aufgrund dieser traurigen Marktlage habe ich es mir zum Ziel gesetzt, ein Lichtsystem zu entwickeln, was die oben genannten Probleme löst und darüber hinaus noch weitere Vorteile bietet:

1. Eine zuverlässige Stromversorgung, die weder auf zusätzliches Treten, noch auf das Aufladen an der Steckdose angewiesen ist.
2. Ein mehrere Stunden vorhaltendes helles Standlicht, welches gute Erkennbarkeit des Fahrrades gewährleistet.
3. Ein kräftig aufleuchtendes Bremslicht zur Verringerung von Auffahrunfällen.
4. Blinker, die das bei Dunkelheit leicht zu übersehende Handzeichen ersetzen.
5. Eine einfache, bequeme Steuerung des gesamten Lichtsystems durch gut erreichbare Schalter am Lenker.
6. Mittels des Schalters am Lenker lässt sich der Scheinwerfer auch – wie beim Auto – als Lichthupe einsetzen.

Die Kernstücke meines Lichtsystems sind ein getriebeloser Nabendynamo, ein Lithium-Ionen-Akku sowie helle, aber sparsame Lampen mit LEDs als Lichtquelle. Mein System kommt ohne anstrengendes, zusätzliches Treten für die Stromversorgung aus, **da die benötigte elektrische Energie beim Bremsen gewonnen wird**, denn bei jedem Bremsvorgang wird der Nabendynamo eingeschaltet, der dann über einen Gleichrichter den Akku auflädt. Für den Fall das dies nicht ausreicht, kann man auch einen Dauerladevorgang des Akkus durch Umlegen eines Schalters am Lenker in Gang setzen. Da der verwendete Nabendynamo sehr leichtgängig ist, benötigt das Laden des Akkus beim Bergabfahren und in der Ebene nur einen sehr geringen Kraftaufwand. Der entscheidende Vorteil des während der Fahrt geladenen Akkus ist eine zuverlässige Stromversorgung, die auch als Basis für Systeme gebraucht werden kann, die über die bisher übliche Fahrradbeleuchtung hinausgehen. Hier bieten sich vor allem Bremslicht und Blinker an, da sie für die Sicherheit von beträchtlicher Bedeutung sind.

## Die Fahrradschaltung

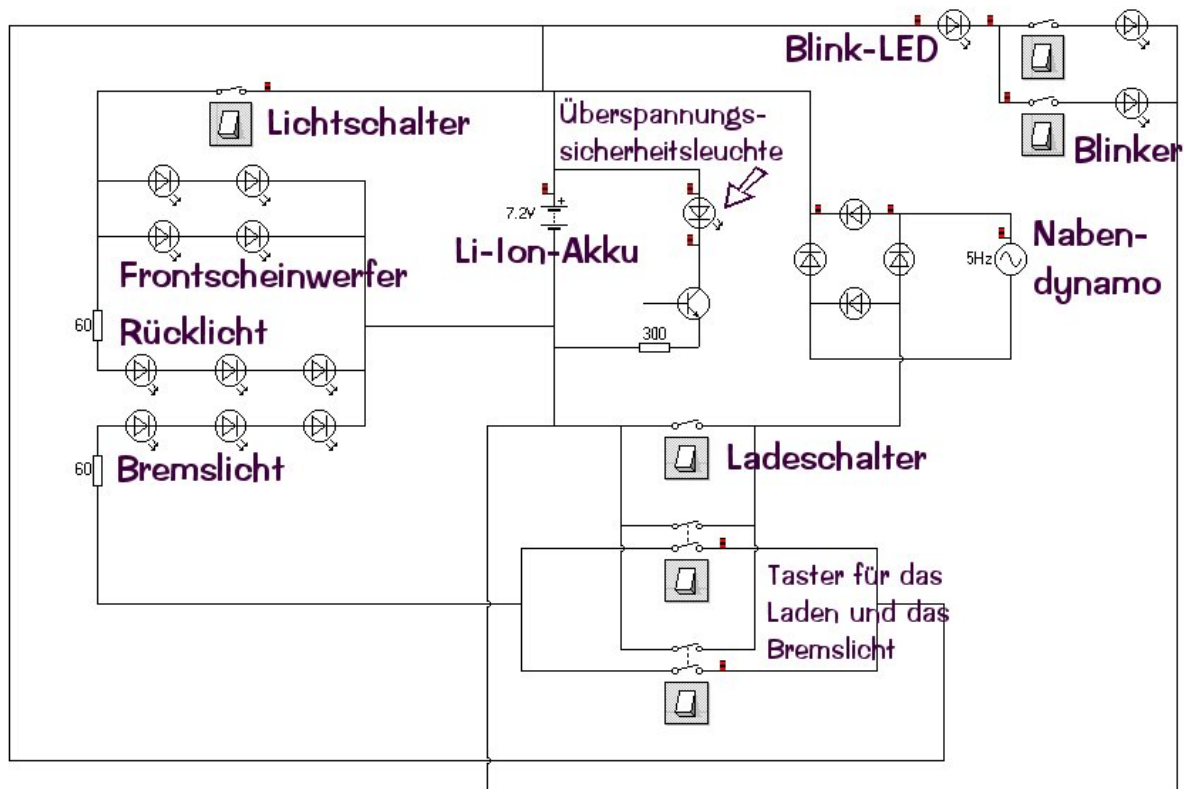


Abb. 1.1: Diese Schaltung habe ich in das Fahrrad eingebaut.

## 2. Einleitung

Ich fahre hobbymäßig gerne Rad. Dabei empfinde ich aber als sehr unangenehm, dass ich als Radfahrer der schwächste Verkehrsteilnehmer bin. Gerade nachts sind Radfahrer schlecht zu sehen. In der Dämmerung ist außerdem die Verlockung groß, ohne Licht zu fahren, um nicht so kräftig treten zu müssen. Die Folge ist eine stark erhöhte Unfallgefahr. Dieses Verhalten wird durch die folgende Statistik belegt. Nach dieser Zählung fährt sogar ein Drittel aller Radfahrer im Dunkeln ohne vorschriftsmäßige Beleuchtung.

	Mit Licht	Halbes Licht	Kein Licht
Radfahrer	858	253	238
Anteil in Prozent	63,6 %	18,8 %	17,6 %

*Abb. 2.1: Die Zahl der Radfahrer mit eingeschalteter Fahrradbeleuchtung, halbem Licht und ohne Licht nach einer Zählung bei Dunkelheit. Als Grundlage wurden 1349 Radfahrer gezählt. (Quelle: <http://www.mystrobl.de/ws/fahrrad/beleucht.html>)*

Als Lösung gibt es akkugespeiste Lichtsysteme, die an der Steckdose aufgeladen werden müssen. Bei diesen ergibt sich aber das Problem, dass der typische, faule Radfahrer zum entscheidenden Zeitpunkt vergessen hat, den Akku aufzuladen.

Ich habe mir nun Gedanken darüber gemacht, wie man die Sicherheit der Radfahrer, also hier ihre Erkennbarkeit, erhöhen kann, ohne dass der Radfahrer irgendwelche Akkus an der Steckdose aufladen muss und ohne dass er für sein Licht zusätzlich treten muss.

Eins der größten Probleme bei herkömmlichen Lichtsystemen ist, dass sie beim langsamen Fahren nur noch schwach und beim Anhalten gar nicht mehr leuchten. Dieses Problem wurde teilweise mit Standlichtsystemen (Gold-Cap Kondensator), die noch drei bis vier Minuten nach dem Anhalten Licht spenden, gelöst, aber auch bei diesen Systemen geht danach das Licht aus.

Ein anderer Nachteil bei herkömmlichen Lichtsystemen ist, dass das Fehlen eines Bremslichtes Auffahrunfälle verursachen kann. Dies ist gerade beim Fahren im Pulk und im Dunkeln ein Problem.

Im Dunkeln ergibt sich auch das Problem, dass die anderen Verkehrsteilnehmer es häufig nicht sehen, wenn ein Radfahrer Handzeichen gibt, um zu signalisieren, dass er abbiegen möchte. Hier ist ein Blinker von entscheidendem Vorteil.

### 3. Erste Pläne und erste Probleme

Von Anfang an war mir klar, dass ich die Energie mit dem Fahrrad selbst gewinnen müsse, da bei anderen Systemen die Gefahr besteht, dass die Energie zum entscheidenden Zeitpunkt nicht zur Verfügung steht. Da aber kein Radfahrer für den Strom zusätzlich Kraft aufwenden will, muss die Energie zu einem Zeitpunkt gewonnen werden, zu dem die Bremswirkung des Dynamos keinen Nachteil darstellt, und dann gespeichert werden.

Der energieverschwenderischste Prozess beim Radfahren ist offensichtlich das Bremsen. Während des Bremsens ist die bremsende Wirkung eines Dynamos keinesfalls von Nachteil. Also habe ich mir gedacht, dass ich den normalen Reibraddynamo mechanisch an die Handbremsen koppeln und dann beim Bremsen an den Reifen führen müsse. Bei dieser Idee stellten sich aber sofort mehrere Probleme.

- Der Dynamo lässt sich recht einfach mit einer Handbremse koppeln, aber sehr schwierig mit beiden.
- Die Bremsen werden schwergängiger.
- Der Normalbetrieb des Dynamos wird problematisch.
- Ein Dauerladevorgang des Energiespeichers wird schwierig.

Auch was die Lichtquelle anbetrifft, stellt sich das Problem, dass normale Glühbirnen, wie sie bei Fahrrädern verwendet werden, aufgrund der geringen, zur Verfügung stehenden Energie unbrauchbar sind.

### 4. Der Nabendynamo

Der normale Reibraddynamo hat sich also als ungeeignet herausgestellt. Deshalb begann ich nach einer Alternative zu suchen. Ich suchte im Internet nach Möglichkeiten, am Fahrrad ohne Reibraddynamo Bewegungsenergie in elektrische Energie umzuwandeln. Hier bot sich der Nabendynamo an, da er sich elektrisch durch Schließen des Stromkreises einschalten lässt. Damit kann auf eine aufwendige, störanfällige Mechanik, wie sie beim Reibraddynamo nötig gewesen wäre, verzichtet werden.

Es war also damit klar, dass es ein Nabendynamo sein sollte, aber ich musste mich noch für den passenden Typ entscheiden. Dazu waren die Faktoren Leistung und Leerlaufwiderstand von besonders großer Bedeutung.

Ich fand heraus, dass es unter den Nabendynamos Getriebeabendynamos und getriebeLOSE Nabendynamos gibt. Die getriebeLOSE Nabendynamos zeichnen sich gegenüber denen mit Getriebe durch einen erheblich höheren Wirkungsgrad und durch eine geringere Leistungsaufnahme im Leerlauf aus. Nach einigem Suchen fand ich schließlich den SON Nabendynamo der Firma Schmidt Maschinenbau in Tübingen. Dies ist ein besonders leichtgängiges Modell unter den getriebeLOSE Nabendynamos. Die Leistungsaufnahme im Leerlauf ist erheblich geringer als bei anderen Modellen. Sie beträgt bei 15 km/h nur 0,5 Watt. Dies ist von großer Bedeutung, da die Kraft, die für die Beleuchtung aufgewendet werden muss, ja verringert und nicht erhöht werden soll. Tatsächlich spüre ich den Unterschied zwischen dem Nabendynamo und der herkömmlichen, vorher benutzten Achse so gut wie gar nicht.



*Abb. 4.1: Der SON  
Nabendynamo*

## Ein neuartiges Beleuchtungssystem zur Erhöhung von Sicherheit und Komfort beim Fahrradfahren

Die Leistungsaufnahme beim Betrieb des Dynamos sollte möglichst gering sein, da auch die Möglichkeit bestehen soll, den Energiespeicher während der normalen Fahrt, d.h. ohne zu bremsen, aufzuladen. Hierbei ist eine niedrige Leistungsaufnahme bei hohem Wirkungsgrad ideal. Die Leistungsaufnahme des SON Nabendynamos liegt deutlich niedriger als bei andern Dynamos (→ Diagramm). Er hat dabei den hohen Wirkungsgrad von fast 70%; dies ist im Vergleich zu guten Reibraddynamos, die einen Wirkungsgrad von höchstens 40% haben, sehr viel. Aufgrund dieser hervorragenden Eigenschaften des SON Nabendynamos habe ich mich dafür entschieden, ihn zu verwenden. Die Firma Schmidt Maschinenbau hat mir freundlicherweise einen Rabatt von 20% gewährt.

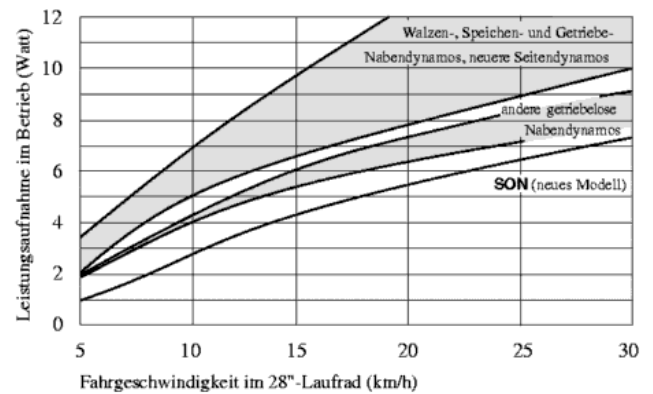
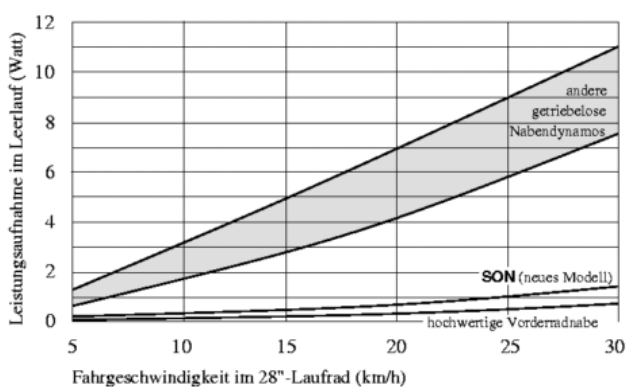


Abb. 4.2 u. 4.3: Vergleich des SON Nabendynamos mit anderen Modellen bezüglich des Zusammenhangs zwischen Leistungsaufnahme und Fahrgeschwindigkeit im Leerlauf und im Betrieb. (Quelle: <http://www.nabendynamo.de>)

## 5. Lichtquellen

Da der Stromverbrauch das, was der Dynamo liefern kann, bei weitem unterschreiten muss, damit die Energiespeicherung beim Bremsen einen Sinn ergibt, war es bei der Entscheidung für eine Lichtquelle von größter Wichtigkeit, dass diese einen geringen Stromverbrauch bei großer Helligkeit hat. Hier sind Glühbirnen, die 95% der Energie, die sie brauchen, in Wärme umwandeln, offensichtlich ungeeignet.

Einen viel höheren Wirkungsgrad weisen Leuchtdioden (LEDs) auf, welche fast keine Wärme abgeben. Sie haben außerdem den Vorteil, dass sie eine viel längere Lebensdauer als Glühbirnen haben, was die Gefahr eines Ausfalls des Lichtsystems reduziert. Dies hat eine Erhöhung der Sicherheit zur Folge. Der Stromverbrauch von LEDs ist ohne Zweifel gering genug, aber es stellt sich die Frage, ob sie auch hell genug sind.

Um diese und andere Fragen zu beantworten, musste ich mir zuerst darüber klar werden, wie groß die Leistung meines Lichtsystems sein darf. Hier sollte die Leistung des Dynamos meiner Meinung nach um einen Faktor von ca. 7 über der des Lichtsystems liegen. Nach Herstellerangaben liefert der Dynamo offiziell 6V und 3 Watt, aber auf seiner Homepage gibt der Hersteller an, dass sich aus ihm auch 12 V und 6,2 Watt ziehen ließen.

Also bin ich davon ausgegangen, dass es trotz schwankender Fahrgeschwindigkeit möglich ist durchschnittlich auf 2,8 Watt zu kommen. Hier darf dann das Lichtsystem  $2,8 \text{ W} / 7$ , also 0,4 Watt brauchen, damit der Faktor von 7 eingehalten werden kann.

Dann habe ich im Internet bei [www.conrad.de](http://www.conrad.de) nach superhellen LEDs gesucht. Bei den roten LEDs für das Rücklicht war schnell das Passende gefunden, und zwar superhelle rote LEDs mit  $U=2\text{V}$ ,  $I=20\text{mA}$ ,  $P=0,04\text{W}$  und einer Helligkeit von 3000 mcd bei einem Öffnungswinkel von  $40^\circ$ .

Ein neuartiges Beleuchtungssystem zur Erhöhung von Sicherheit und Komfort beim  
Fahrradfahren

Bei dem Scheinwerfer gestaltete es sich schon schwieriger, da ich LEDs in der für sie ungewöhnlichen Farbe weiß brauchte, die darüber hinaus auch noch sehr hell sein müssen. Ich bekam den Tipp, dass Osram zusammen mit der Firma Infineon seit kurzem helle weiße LEDs herstellen würde. Also habe ich bei Osram angerufen, aber es stellte sich als sehr schwierig heraus, jemanden zu erreichen, der mir Informationen über Spannung, Stromstärke und Helligkeit geben konnte. Schließlich sollte ich bei der Partnerfirma Infineon anrufen. Hier konnte man mir aber bis jetzt auch nicht helfen. Da ich auch unter [www.infineon.com](http://www.infineon.com) keine sehr hellen weißen LEDs finden konnte, habe ich mich dazu entschieden, die hellsten weißen LEDs, die es bei [www.conrad.de](http://www.conrad.de) gibt, zu bestellen. Hier werde ich aber vielleicht noch Veränderungen vornehmen. Im Augenblick verwende ich weiße LEDs mit  $U=3,6V$ ,  $I=20mA$ ,  $P=0,072W$  in den Versionen Öffnungswinkel  $20^\circ$  (Helligkeit 3000 mcd) und Öffnungswinkel  $45^\circ$  (Helligkeit 900 mcd). Beim Rücklicht habe ich einen 60-Ohm-Widerstand verwendet, damit es die Spannung von 7,2 Volt verträgt.

	Helligkeit in mcd	Öffnungswinkel	Spannung in V	Stromstärke in mA
<b>Frontscheinwerfer</b>	<b>Leistung: 0,288 W</b>		<b>7,2</b>	<b>40</b>
2x je	3000	20°	3,6	20
2x je	900	45°	3,6	20
<b>Rücklicht</b>	<b>Leistung: 0,144 W</b>		<b>7,2</b>	<b>20</b>
3x je	3000	40°	2	20
60 Ohm Widerstand			1,2	20
<b>Insgesamt</b>	<b>Leistung: 0,432 W</b>		<b>7,2</b>	<b>60</b>

Abb. 5.1: Helligkeit und Stromverbrauch des Scheinwerfers und des Rücklichts.

Das Licht kann bequem mit einem Schalter am Lenker ein- und ausgeschaltet werden. Dies hat neben dem Vorteil, dass man zum Einschalten nicht absteigen muss, wie es bei Reibraddynamos der Fall ist, auch noch den Vorteil, dass man das Licht als **Lichthupe** zum Signalisieren benutzen kann.

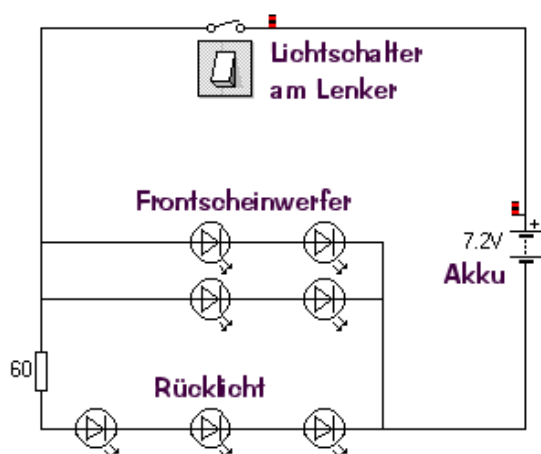


Abb. 5.2: So wie hier habe ich die LEDs geschaltet. Der Schalter am Lenker gewährleistet bequemes Ein- und Ausschalten.



Abb. 5.3: Der Licht- und der Ladeschalter am Lenker

## 6. Energiespeicher

### 6.1 Kondensatoren oder Akkus ?

Als nächstes stellte sich die Frage nach dem Energiespeicher. Mein erster Gedanke war Kondensatoren zu verwenden, da diese verlustfrei geladen werden können, aber ich habe diesen Gedanken wegen des schnellen Spannungsabfalls während des Entladens schnell wieder verworfen. Der Spannungsabfall stellt ein Problem dar, weil beim Unterschreiten von 5V die Stromversorgung nicht mehr ausreichend ist. Ich hätte zwar einen oder mehrere hochkapazitive Gold-Cap Kondensatoren mit einer Spannung von 12V unter Verwendung eines Spannungsreglers für die LEDs laden können, aber dann würde ein zu großer Teil der Energie im Spannungsregler verpuffen. Da ich auf diese Energie aber nicht verzichten kann, scheidet Kondensatoren aus.

Besser als Kondensatoren sind Akkus geeignet. Hier hat man die Qual der Wahl. Bei den Akkus waren für mich die Faktoren Robustheit, geringes Gewicht, nicht vorhandener Memory-Effekt, geringe Größe und Unempfindlichkeit beim Laden entscheidend. Außerdem sollte der Akku eine Spannung von 7,2 Volt liefern und einen Strom von 60mA (siehe Abb. 5.1) über 10 Stunden aufrechterhalten können. Er sollte also eine Kapazität von mindestens 600 mAh haben.

Es war zuerst nicht einfach mich innerhalb dieser Parameter für einen bestimmten Akkutyp zu entscheiden. Da der Dynamo eher in der Lage ist, eine konstante Spannung als einen konstanten Strom zu liefern, wenn man die Leistung nicht begrenzen will, sind die Akkus, die mit konstantem Strom geladen werden müssen, schon einmal ungeeignet. Solche wären zum Beispiel der NiCd-Akku und der NiMH-Akku. Ein weiterer Nachteil von NiCd-Akkus ist der Memory-Effekt, da sich der Akku am Fahrrad möglichst nie vollständig entleeren soll und in der Regel nur über kurze Zeiten geladen wird. Bleiakkus sind aufgrund ihres Gewichtes und ihrer Größe ungünstig.

Lithium-Ionen-Akkus sind besser geeignet. Sie sind leicht, klein, sie werden nicht mit konstantem Strom, sondern mit konstanter Spannung geladen; sie sind robust und sie haben keinen Memory-Effekt wie NiCd-Akkus. Li-Ion-Akkus müssen nicht vor dem Laden entladen werden und sie sind in einer Spannung von 7,2 Volt erhältlich. Aus diesen Gründen habe ich mich schließlich für einen 7,2 Volt Li-Ion-Akku mit einer Kapazität von 850 mAh entschieden. Das Modell ist mit einer Größe von 60x36x20mm relativ klein und wiegt nur 62g.

### 6.2 Der Ladevorgang

Da der Dynamo Wechselstrom liefert, muss der Strom erst mit einem Gleichrichter gleichgerichtet werden. Den Gleichrichter habe ich über einen Schalter und zwei parallel liegende Taster direkt an den Akku angeschlossen. Der Schalter befindet sich am Lenker. Der Radfahrer kann ihn umlegen, wenn er den Akku bewusst laden will. Dies empfiehlt sich beim Bergabfahren, die leichte Bremswirkung dann kaum ins Gewicht fällt. Die Taster befinden sich an den Handbremsen und sorgen dafür, dass der Akku bei jedem Bremsvorgang geladen wird. Bei langsamer Fahrt, wenn der Dynamo weniger als 7,2 Volt liefert und folglich der Akku ein höheres Potential hat als der Nabendynamo, verhindert der Gleichrichter eine Entladung des Akkus. Der Li-Ion-Akku soll mit konstanter Spannung geladen werden. Da bei einer Spannung am Dynamo von weniger als 7,2 Volt kein Strom in den Akku fließt, der Akku sich aber auch nicht über den Gleichrichter entladen kann, kann die Spannung beim Laden nicht zu niedrig werden. Sie könnte höchstens zu hoch werden. Meinen Messungen



zufolge steigt die Spannung am Akku beim Laden aber auch bei hohen Geschwindigkeiten (42 km/h) nicht deutlich über 7,2 Volt. Diese Messungen habe ich mit dem Akku in fast leerem sowie in halb vollem Zustand gemacht. Wenn der Akku fast voll ist, kann die Spannung aber steigen, was ungünstig ist, da der Akku ja mit konstanter Spannung geladen werden soll. In diesem Fall leuchtet eine rote LED als Warnung auf, um den Radfahrer aufzufordern den Dauerladevorgang abzubrechen. Ich habe auf weitere Ladeelektronik zuerst nur versuchsweise verzichtet, dann aber endgültig um Strom zu sparen, da das Laden in der oben dargestellten Weise bisher hervorragend funktioniert hat.

Die Schaltung der roten LED, die vor zu hoher Spannung am Akku warnen soll, hat sich als recht kompliziert herausgestellt. Zuerst wollte ich die LED mit einem Transistor schalten, welcher von einer 8,2V Z-Diode geschaltet wird. Dies funktioniert in der Theorie hervorragend, aber es hat in der Praxis den Nachteil, dass diese Schaltung nicht nur Strom

verbraucht, wenn die Spannung am Akku höher als 8,2 Volt ist, sondern auch schon bei der Akkuspannung von 7,2 V.

Da aber jegliche Entladung des Akkus über die Sicherheitsleuchte von Nachteil ist, habe ich weiter nach einer Lösung gesucht, bei der nur Strom verbraucht wird, wenn die Spannung über dem Akku zu hoch ist.

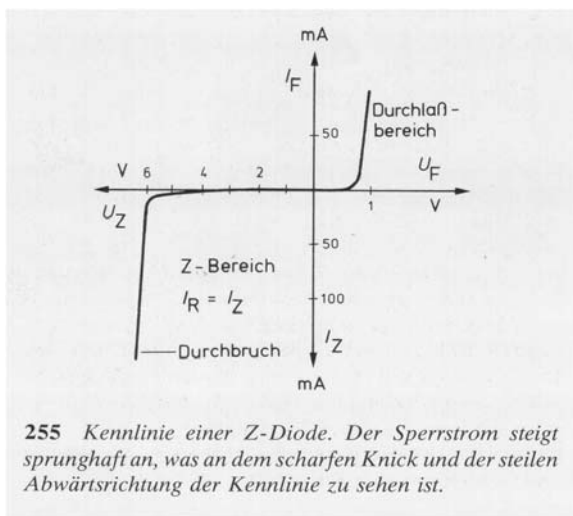


Abb. 6.1: Kennlinie einer Z-Diode:  
Aufgrund des klar erkennbaren, geringen Stromflusses vor dem eigentlichen Durchbruchsspannung sperrt die Schaltung in Abb.6.2 nicht absolut. (Quelle: Glagla/Lindner)

Hier habe ich eine große Überraschung erlebt: Ich habe einen Transistor des Typs BC 338-40 mit einem 300 Ohm Widerstand und einer LED über die Kollektor-Emitter-Strecke in Reihe geschaltet. In dieser Schaltung, in der, nach meinen Erwartungen, kein Strom hätte fließen können, fließt zwar bei 7,5 V noch kein mit meinen Mitteln messbarer Strom, aber bei 8,7 V schon so viel, dass die LED anfängt zu leuchten. Ich habe das Funktionieren dieser Schaltung durch wiederholtes Messen und durch Austauschen der Bauteile eindeutig nachgewiesen. Nach meinen Messungen hat der Transistor auf der Kollektor-Emitter-Strecke eine Durchbruchsspannung von 7 V. Die LED erhöht die Durchbruchsspannung des Schaltkreises dann auf ca. 8,5 V.

Abb. 6.2: Die Spannungs-kontrollschaltung mit Z-Diode

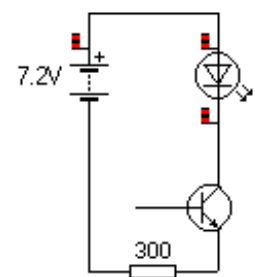
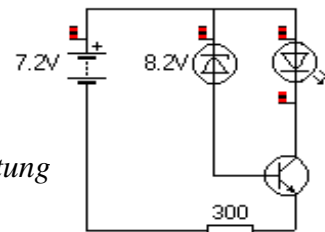


Abb. 6.3: Die Spannungs-kontrollschaltung, die nur bei zu hoher Spannung Energie braucht.

Ein neuartiges Beleuchtungssystem zur Erhöhung von Sicherheit und Komfort beim  
Fahrradfahren

Bei mehreren Probefahrten habe ich die Spannung über dem Akku und die Ladestromstärke gemessen. Die in Abb. 6.4 dargestellten Messungen habe ich bei halb vollem Akku durchgeführt. Die Spannung betrug immer zwischen 7,2 und 7,5 Volt und war somit nahezu konstant, dies entspricht den Bedürfnissen eines Li-Ion-Akkus.

Geschwindigkeit $v$ in km/h	8	9,5	13	16	23	31	43
Ladestromstärke $I$ in mA	50	100	200	300	400	470	490

Abb. 6.4: Der gemessene Zusammenhang zwischen Stromstärke und Geschwindigkeit beim Laden des halbvollen Akkus. Die Spannung schwankte zwischen 7,2 und 7,5 V.

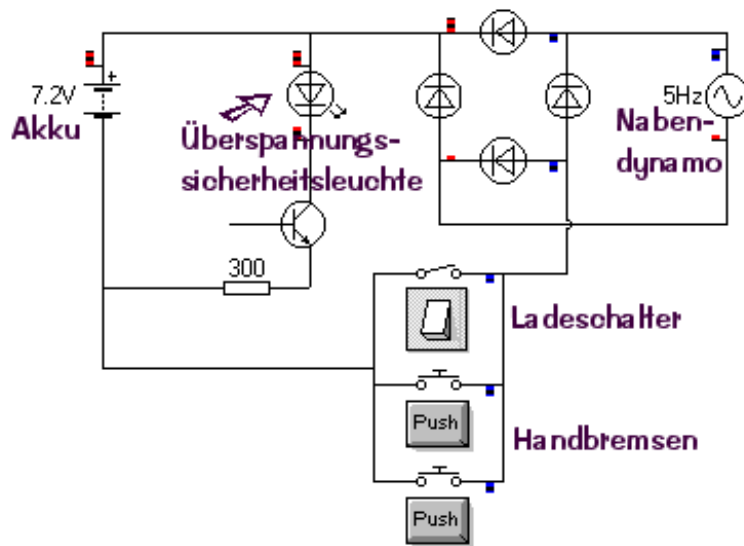


Abb. 6.2: Dieser Schaltungsausschnitt zeigt die Teile, die für das Laden des Akkus von Bedeutung sind.

Geschwindigkeit	Ladezeit						Verhältnis Ladezeit : Lichtzeit
	1 min	2 min	5 min	10 min	15 min	30 min	
9,5 km/h	0:01:40	0:03:20	0:08:20	0:16:40	0:25:00	0:50:00	1:1,67
13 km/h	0:03:20	0:06:40	0:16:40	0:33:20	0:50:00	1:40:00	1:3,33
16 km/h	0:05:00	0:10:00	0:25:00	0:50:00	1:15:00	2:30:00	1:5,00
23 km/h	0:06:40	0:13:20	0:33:20	1:06:40	1:40:00	3:20:00	1:6,67
31 km/h	0:07:50	0:15:40	0:39:10	1:18:20	1:57:30	3:55:00	1:7,83
Lichtzeit in h:min:s							

Abb. 6.5: Diese Tabelle beschreibt den Zusammenhang von Ladezeit, Geschwindigkeit sowie der Zeit, in der der Akku die Lampen mit dem gespeicherten Strom versorgen kann. Verluste innerhalb des Akkus werden hier vernachlässigt.

### 6.3 Wie viel bringt das Laden des Akkus beim Bremsen wirklich ?

Wie viel das Laden des Akkus beim Bremsen bringt, hängt natürlich von der Fahrgeschwindigkeit und von der Häufigkeit bzw. der Dauer des Bremsens insgesamt ab. Hier habe ich einige Hochrechnungen angestellt, die beschreiben, unter welchen Bedingungen die gespeicherte Energie wie lange für das Licht bzw. den Blinker reicht. Die Energie, die das Bremslicht verbraucht, habe ich berücksichtigt.

Ort	Fahrzeit	Bremszeit	Geschwindigkeit bei der gebremst wird	Licht Min : Sek.	Blinker
Mein Schulweg	15 min	30 sek.	20-40 km/h	02:56	18 min
Flachland	1h	30 sek.	15-30 km/h	02:30	15 min
Stadtverkehr	1h	5 min	10-25 km/h	18:45	1h 52 min
Mittelgebirge	1h	2 min	20-30 km/h	12:30	1h 12 min
Alpen	1h	8 min	20-30 km/h	50:00	5h

*Abb. 6.6: Der errechnete Zusammenhang von Fahrstrecke, Fahrverhalten und gespeicherter Energie für den Betrieb von Licht oder Blinker.*

Aus diesen Berechnungen geht hervor, dass die Stromversorgung durch Bremsen bei Tage immer ausreicht, um den Blinker und das Bremslicht zu versorgen. Für die Radfahrer, die nur gelegentlich im Dunkeln fahren, ist sie normalerweise auch ausreichend. Wenn man viel im Gebirge oder im Stadtverkehr fährt, reicht die Stromversorgung sogar bei recht häufigen Fahrten bei Dunkelheit. In anderen Fällen, in denen die beim Bremsen gespeicherte Energie nicht ausreicht, um bei Dunkelheit genügend Beleuchtung zu erhalten, muss der Akku gelegentlich mit Hilfe des Ladeschalters nachgeladen werden. Dies stellt aber kein Problem dar, da der geringe Widerstand, den der Nabendynamo beim Laden bietet, nicht stört, wenn man in der Ebene oder abwärts fährt. Bei den oben aufgeführten Werten sollte man berücksichtigen, dass zum Beispiel bei einer einstündigen Hinfahrt bei Tageslicht und einer folgenden einstündigen Rückfahrt im Dunkeln die „Bremsenergie“ von beiden Stunden zur Verfügung steht. Sogar bei leerem Akku braucht man sich keine Sorgen zu machen, da man jederzeit den Nabendynamo einschalten kann. Mein Beleuchtungssystem ist so energiesparend konstruiert, dass selbst bei vollem Licht der Nabendynamo den leeren Akku schnell wiederaufladen kann.

## 7. Das Standlicht

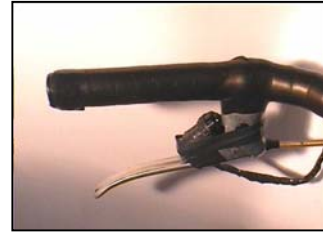
Einer der großen Vorteile des beim Fahren geladenen Akkus ist, dass man immer Licht am Rad hat, wenn man es braucht. Bis jetzt gibt es meines Wissens nur Standlichtsysteme mit Gold-Cap Kondensatoren, die drei bis vier Minuten im Stand leuchten, und – mit längerer Leuchtzeit – batterieabhängige Systeme. Bei meinem System hat man batterieunabhängig stundenlang Licht, wenn man es braucht. Dadurch steht man nicht plötzlich an einer Baustelle oder einem Bahnübergang ohne Licht da. Auch kann das Standlicht von Nutzen sein, wenn man etwas in der Tasche sucht oder Reparaturen durchführen muss.

Der größte Vorteil des Standlichtes ist, dass man zu seiner eigenen Sicherheit von anderen Verkehrsteilnehmern auch bei langsamer Fahrt und im Stand gesehen wird.

Wenn der Akku einmal durch Brennenlassen des Lichtes sich entleert haben sollte, kann man unverzüglich Licht bekommen, indem man neben dem Lichtschalter auch den Ladeschalter betätigt. Nach kurzer Ladezeit ist der Akku wieder so aufgeladen, dass er nicht nur während der Fahrt, sondern auch im Stand die Lampen wieder mit Strom versorgen kann.

## 8. Das Bremslicht

Da der Radfahrer auch mit Standlicht vor allem im Dunkeln ein gefährdeter Verkehrsteilnehmer ist, habe ich überlegt, wie sich seine Sicherheit weiter steigern lässt. Meiner Meinung nach ließe sich die Zahl der Unfälle, in die Radfahrer verwickelt werden, durch ein Bremslicht am Fahrrad noch verringern. Dann würden andere Verkehrsteilnehmer früher erkennen, dass ein Radfahrer bremst. Da man im Dunkeln besonders schlecht erkennen kann, ob ein Radfahrer bremst, steigert ein Bremslicht die Sicherheit des Radfahrers gerade zu der Zeit am meisten, in der er am gefährdetsten ist. Auch bei Radfahrerkolonnen (Fahren im Pulk), in denen der vorgeschriebene Sicherheitsabstand von drei Fahrradlängen fast nie eingehalten wird, verringern Bremslichter die Reaktionszeit der „Hintermänner“ und somit Auffahrunfälle.



*Abb. 8.1: Die Handbremse mit 2-poligem Schalter, für den Ladekreis und das Bremslicht.*

Um das Bremslicht realisieren zu können, habe ich an den Handbremsen zweipolige Taster angebracht. Diese können dann den Stromkreis zum Laden des Akkus und den Stromkreis des Bremslichtes gleichzeitig schließen. Beim Bremslicht habe ich wie beim Rücklicht drei rote LEDs ( $U=2V$ ,  $I=20mA$ ,  $P=0,04W$ ) mit einer Helligkeit von je 3000 mcd bei einem Öffnungswinkel von  $40^\circ$  und einen 60 Ohm Widerstand verwendet. Die Sichtbarkeit des Rücklichtes wird durch den Öffnungswinkel der LEDs keineswegs beeinträchtigt, da die Abdeckung des Lichtes für weitere Streuung sorgt.

## 9. Der Blinker

Nun hatte mein Lichtsystem auch Standlicht und Bremslicht, aber ein Hauptproblem beim Radfahren im Dunkeln war immer noch nicht gelöst. Wenn man tagsüber abbiegen möchte, sehen die anderen Verkehrsteilnehmer es meistens, wenn man das Abbiegen durch Handzeichen signalisiert, aber in der Dunkelheit ist die Chance, dass ein Handzeichen gesehen wird, nur noch gering. Auch hieraus resultieren nicht zu unterschätzende Gefahren. Aus diesem Grund habe ich mich entschieden mein Lichtsystem um Blinker zu erweitern.

Nach zahlreichen Überlegungen kam mir schließlich eine Idee hatte, wie man einen hellen Blinker mit geringer Leistung bauen kann.

Folgende Lösungen erwog ich zuerst:

1. Ich wollte eine astabile Kippschaltung auf eine Platine löten, aber hierfür hätte ich entweder eine relativ große Platine gebraucht, oder ich hätte bei einer kleineren Version einen dreipoligen Schalter benutzen müssen, den ich in keinem Katalog gefunden habe.
2. Dann las ich von Blink-LEDs, aber alle Modelle, die ich finden konnte, waren nicht hell genug und die orangefarbenen Blink-LEDs leuchteten besonders schwach.

Schließlich habe ich eine Blink-LED durchgemessen und festgestellt, dass sie in der Phase, in der sie nicht leuchtet, kaum Strom fließen lässt. Das hat mich auf die Idee gebracht, helle orange LEDs durch eine Blink-LED zu schalten. Dabei verwende ich die Blink-LED nicht nur als Schalter, sondern auch als Blinker-Kontrollleuchte. Dieser Blinker lässt sich bequem mit einem Schalter am Lenker bedienen.

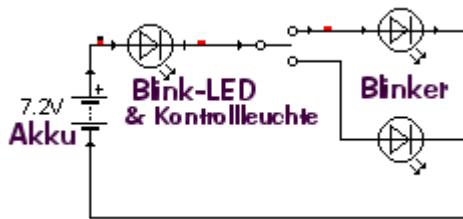


Abb. 9.1: Dieser Ausschnitt aus der Schaltung zeigt die Funktionsweise des Blinkers

	U in V	I in mA	P in W	Helligkeit in mcd	Öffnungswinkel
Blink-LED	5,2	10	0,052		
Blinker	2	10	0,020	10.000 bei 20 mA	8°
Insgesamt	7,2	10	0,072	Das Licht wird für bessere Sichtbarkeit gestreut	

Abb. 9.2: Technische Daten zum Blinker

## 10. Elektronischer Schutz gegen Diebstahl

Als weitere Verbesserung plane ich einen elektronischen Schutz gegen Diebstahl für Fahrräder. Dieser ist hier besonders sinnvoll, weil das Fahrrad durch das neue Lichtsystem eine nicht unerhebliche Wertsteigerung erfahren hat. Neben dem üblichen Ketten-/Seilsicherung könnte dieser zusätzliche Diebstahlschutz auf einem Rüttelkontakt basieren, der mit einem zweiten Schalter in Reihe geschaltet ist. Dieser schaltet die Diebstahlsicherung ein und aus. Für ihn wird am besten ein Schalter in der Form eines Schlosses verwendet. Wenn die Reihe der Schalter durchschaltet, d.h. wenn die Diebstahlsicherung eingeschaltet ist und sich jemand am Rad zu schaffen macht, wird ein Alarm ausgelöst, der sich erst nach einer gewissen Zeit automatisch abschaltet. Auch beim Diebstahlschutz zeigt sich, wie nützlich ein stets geladener Akku am Fahrrad ist.

## 11. Zusammenfassung der Vorteile meines Beleuchtungssystems

Zum Schluss möchte ich die wichtigsten Vorteile, die mein neues Beleuchtungssystem bietet, noch einmal aufzählen:

1. Eine zuverlässige Stromversorgung, die weder auf zusätzliches Treten, noch auf das Aufladen an der Steckdose angewiesen ist.
2. Ein mehrere Stunden vorhaltendes helles Standlicht, welches gute Erkennbarkeit des Fahrrades gewährleistet.
3. Ein kräftig aufleuchtendes Bremslicht zur Verringerung von Auffahrunfällen.
4. Blinker, die das bei Dunkelheit leicht zu übersehende Handzeichen ersetzen.
5. Eine einfache, bequeme Steuerung des gesamten Lichtsystems durch gut erreichbare Schalter am Lenker.
6. Mittels des Schalters am Lenker lässt sich der Scheinwerfer auch – wie beim Auto – als Lichtthupe einsetzen.

## Die Fahrradschaltung

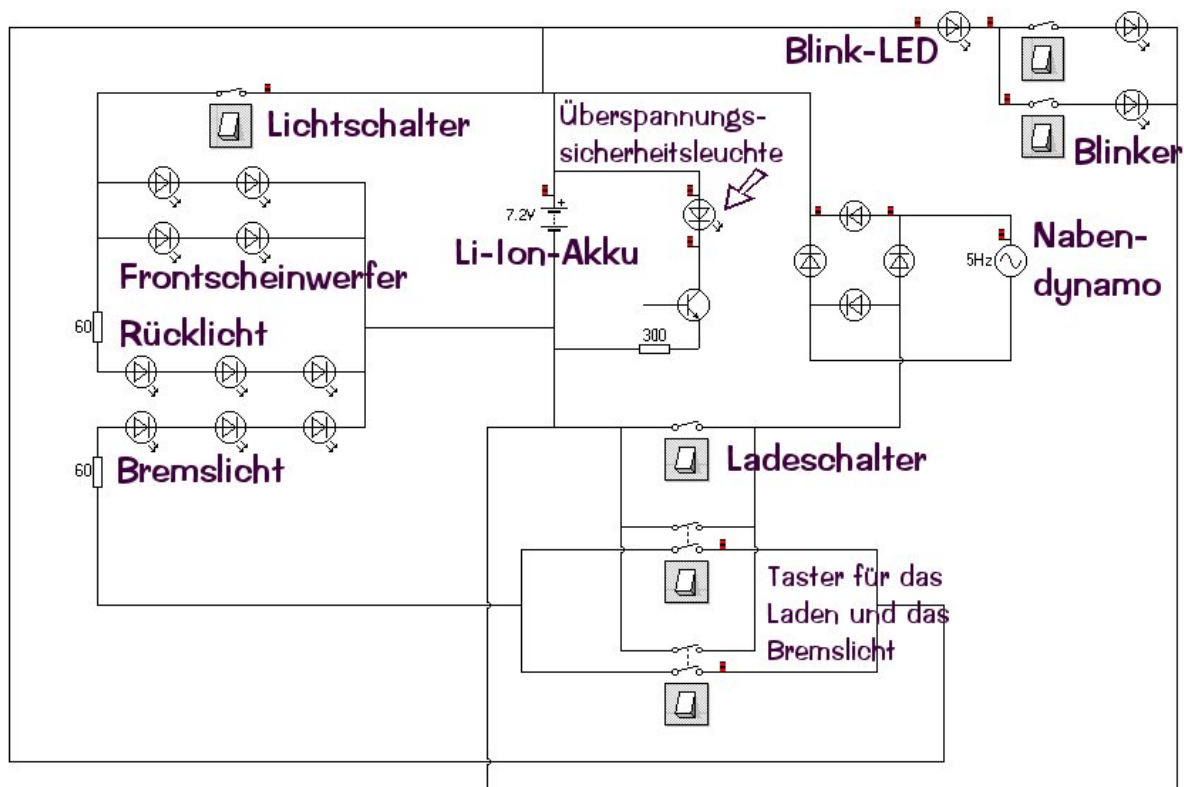


Abb. 11.1: Dies ist die Schaltung, die ich in das Fahrrad eingebaut habe. Sie enthält alle oben genannten technischen Verbesserungen.

## 12. Literatur- und Linkliste

### **Literatur:**

#### Elektronikkataloge:

- Conrad 2001 Katalog
- Conrad 98 Katalog: Special Info S.999

#### Formelsammlung:

Das große Tafelwerk, Volk und Wissen, 1999

Glagla, Joseph u. Lindner, Gert: Wege in die Elektronik,  
Otto Maier Verlag Ravensburg, 1980

Broschüre der OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. OHG

### **Links:**

Elektronikversand, Datenblätter zu vielen Produkten:

<http://www.conrad.de>

Busch und Müller – Fahrradbeleuchtung:

<http://www.bumm.de>

Infineon Technologies AG – LEDs :

<http://www.infineon.com>

Schmidt Maschinenbau SON Nabendynamo:

<http://www.nabendynamo.de>

Kaufberatung zum Thema Fahrradbeleuchtung:

[http://www.bva-bielefeld.de/zeit/aktiv/cont/kaufberatung\\_2.htm](http://www.bva-bielefeld.de/zeit/aktiv/cont/kaufberatung_2.htm)

Single-Chip-Lösung zum Laden der gängigsten Akkubauarten:

<http://nsc.presseagentur.com/PR-Infos/nsc/PR1910.htm>

Informationen über Li-Ion-Akkus:

<http://www.lanzendoerfer.de/hws/c55.html>

Statistik zum Fahren mit Beleuchtung im Dunkeln:

<http://www.mystrobl.de/ws/fahrrad/beleucht.html>