


# Physik und Mathe

Uwe Grellmann

Leichter geht's mit  
der Modelleisenbahn

Einführung  
Elektrotechnik



 Springer

---

# Physik und Mathe – Leichter geht's mit der Modelleisenbahn

---

Uwe Grellmann

# Physik und Mathe – Leichter geht's mit der Modelleisenbahn

Einführung Elektrotechnik

Uwe Grellmann  
Fachbereich 2 Elektrotechnik  
BBS - ME Hannover  
Hannover, Deutschland

ISBN 978-3-658-23398-3

ISBN 978-3-658-23399-0 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-23399-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Thomas Zipsner

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

## Vorwort

Liebe Leser,

Mathe? Physik? Kann richtig Spaß machen!

Das hat dann sogar den Vorteil, dass einige Zensuren in der Schule auch besser werden.

Ich war auch mal Schüler, habe somit die „Schulbank“ gedrückt und mich nicht nur einmal über den grottenschlechten Unterricht einiger Lehrer geärgert.

Seit fast 40 Jahren bin ich selber Lehrer. Da ich aufgrund meiner Erfahrungen mich in die Rolle meiner Schüler versetzen kann, bin ich bei meinen Schülern nicht ganz ohne Erfolg.

Dieses Buch kann nicht alles Wissen vermitteln, aber den leichten Einstieg in viele grundsätzliche Erkenntnisse vermitteln. Aus diesem Grunde ist auch die Zahl der Übungsaufgaben bewusst klein gehalten worden. Zum Weiterarbeiten gibt's schließlich die Aufgaben der Physik- und Mathebücher. Vieles Wissenswerte verbirgt sich unter einem Wust von mathematischen Formeln, das erst durch genaue Kenntnis der Mathematik und der Physik verständlich wird. Da wir aber hier noch nicht im achten Semester der Universität oder im Leistungskurs Physik am Gymnasium bei einem überhehrgeizigen Stupidenrat sind, machen wir das hier doch mal anschaulicher ...

Die für dieses Buch dargestellten Versuche sind bewusst nicht „klinisch rein“. Das Anliegen war und ist, nachbaubare Versuche darzustellen, die unter anderem mit den Mitteln der Modelleisenbahn und Haushaltsgegenständen durchgeführt werden können. Versuchsaufbauten nach Art des Physikunterrichts würden eher ein Hemmnis darstellen, da die entsprechenden Geräte nur schwer zu beschaffen sind.

Modelleisenbahn ist nichts anderes als Maschinenbau im Kleinen. Somit fließt das Fachwissen und -können des Unterrichtsprofis auch in sein Hobby ein. Er weiß z. B. nicht nur, was ein Getriebe ist, er kann es auch berechnen und bauen. Er kann dafür sorgen, dass ein Rad auf einer Welle entweder verschiebbar ist oder so fest sitzt,

dass man damit eine Lok antreiben kann. Da geht es um zehntel, manchmal sogar hundertstel Millimeter, im Maschinenbau nennt sich das „Toleranzen und Passungen“. Obwohl Maschinenbauer, sind ihm auch einige Gebiete der Elektrotechnik bekannt. So schnurrten manche „kleine Ladys“ nach dem Einbau von Stromabnehmern aus G-Oktavsaiten seiner 12-saitigen Gitarre (Vergütungsstahl  $\varnothing$  0,2 mm!) und M 1 Schrauben ( $\varnothing$  1 mm!) wie ein Kätzchen über die Gleise ...

In Fachkreisen wird gemunkelt, dass man ihn den „MacGyver der nicht – digitalen Modelleisenbahntechnik“ nennt. Es liegen allerdings keine Beweise vor, die diese Gerüchte erhärten. Damit kann er leben ...

Viel Spaß und Erfolg dabei!



Hannover, im Juni 2018

Uwe Grellmann

## Danksagung

Folgenden Menschen danke ich für ihre Mithilfe:

Meiner Nachbarin Frau Katja Maria Koschate, Lektorin bei der Schlüterschen Verlagsanstalt Hannover für die verlagsgerechte Gestaltung meiner Texte und Bilder

Meinen Kollegen der BBS-ME Hannover:

- Studiendirektor a.D. Walter Koch und Oberstudienrat Heinz Werner Michael für die Durchsicht und die konstruktive Kritik
- Studienrat Jens Matyschok und Oberstudienrat Günter Thiemann für die Bereitstellung von Anschauungsmaterialien und wertvollen Tipps

Dem Lektorat des Springer Vieweg Verlages:

- Herrn Cheflektor Thomas Zipsner, der durch seine offene, freundliche und fachkompetente Art mir die Zusammenarbeit sehr erleichtert hat.

# Inhalt

Vorwort.....	V
Danksagung .....	VII
<i>Experiment 1: Strom, Spannung, Widerstand – die drei Grundelemente der Elektrotechnik .....</i>	<i>1</i>
1.1 Grundbegriffe .....	1
1.2 Ohm'sches Gesetz.....	5
1.3 Grundelemente elektrischer Schaltungen.....	7
1.3.1 Fahrpult.....	8
1.3.2 Universalmessgerät .....	9
1.3.3 Leiter .....	9
1.3.4 Abisolieren .....	11
1.3.5 Verzinnen, Löten .....	13
1.4 Aufbau einfacher Stromkreise.....	17
1.4.1 Widerstand elektrischer Leiter.....	18
1.5 Isolatoren .....	44
1.6 Parallel- und Reihenschaltungen.....	46
1.6.1 Parallelschaltungen.....	46
1.6.2 Reihenschaltungen .....	49
1.6.3 Knotenregel.....	50
<i>Experiment 2: Elektromagnetismus, Entstehung – Vom stromdurchflossenen Leiter zum kreissymmetrischen Magnetfeld: Da tut sich etwas um den Leiter .....</i>	<i>55</i>
2.1 Magnetfeld in Kreisform.....	55
2.2 Erzeugung unterschiedlich starker Ströme und Magnetfelder .....	59
<i>Experiment 3: Elektromagnetismus und Permanentmagnete – Anwendungen: Elektromagnet, Relais, Permanentmagnet, Elektromotore, Generator, Trafo I – Vom Strom zur Bewegung .....</i>	<i>67</i>
3.1 Elektromagnet.....	67
3.1.1 Relais .....	73
3.2 Permanentmagnete .....	76
3.2.1 Aufbau und Materialien .....	76
3.2.2 Bauformen und Feldlinien .....	77
3.3 Elektromotore.....	83
3.3.1 Elektromotorisches Prinzip.....	83
3.3.2 Gleichstrommotor.....	91
3.3.3 Universalmotore .....	94
3.4 Generator oder Dynamo .....	98
3.4.1 Generatorprinzip .....	98
3.4.2 Generator, Aufbau und Funktion.....	101



3.5	Transformator I .....	104
3.5.1	Grundfunktionen des Transformators .....	104
3.5.2	Aufbau des Transformators.....	105
<i>Experiment 4: Elektrotechnische Bauelemente – Wundersame Wandlungen:</i>		
	Diode, Kondensator, Spule, Trafo II, Fahrpult.....	107
4.1	Diode.....	107
4.1.1	Gleichrichter .....	109
4.2	Kondensator und Spule .....	109
4.2.1	Spule .....	111
4.3	Fahrpult, Zusammenfassung .....	114
4.3.1	Transformator II.....	114
4.3.2	Gleichrichter .....	117
4.3.3	Polwender .....	121
4.3.4	Bimetallschalter.....	122
<i>Experiment 5: Elektronik, Grundfunktionen – Vom schwachen Strom</i>		
	und Wellensalat fast bis zum Verstärker und Radio: Transistor, Schwingkreis .....	124
5.1	Transistor .....	124
5.2	Schwingkreis.....	126
	Sachwortverzeichnis .....	127

# Experiment 1: Strom, Spannung, Widerstand – die drei Grundelemente der Elektrotechnik



## 1.1 Grundbegriffe



**Bild 1-01** Zug auf Anlage

Modelleisenbahn ... Wie funktioniert die eigentlich?

Um in früheren Zeiten die kleinen Züge zum Laufen zu bekommen, baute man anno Dulzie in die Modellbahnloks kräftige Uhrwerke ein, die mit einem „Schlüssel“ aufgezogen wurden. Über eine Sperrklinke wurde eine Spiralfeder gespannt, nach Freigabe konnte sie die Lok antreiben. Physikalisch gesprochen, wurde potentielle Energie (abrufbare Arbeitsfähigkeit) in der Modellbahnlok gespeichert, die sich dann als kinetische Energie (Bewegungsenergie) über die Gleise austoben konnte. Leider dauerte der Spaß nicht allzu lange. Nach einigen Runden war die Spiralfeder entspannt und somit der „krafttechnische Ofen“ in der Lok aus. Mit dem Aufkommen der elektrischen Modelleisenbahn vor 1900 änderte sich das.

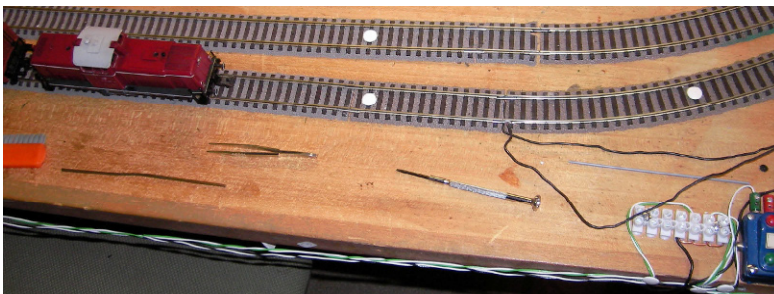
Statt des Aufziehens kam/kommt nun der „Dampf“ über die Schienen der Gleise. Ein Fahren war ab da so lange möglich, wie man wollte.

Werfen wir doch mal einen Blick auf die Probeanlage des Autors:



**Bild 1-02** Anlage Totalansicht

Der Zug steht auf dem Gleis, das Fahrpult (fälschlicherweise auch „Trafo“ genannt) ist an das Netz angeschlossen und mit den Schienen elektrisch verbunden.



**Bild 1-03** Gleisanschluss (Profis brauchen kein Anschlussgleis!)

Noch steht sie. Die Netzspannung (230 V) wird im Fahrpult zu einer harmlosen Kleinspannung umgewandelt. Drehen wir das Fahrpult auf, fährt die Lok und zieht sogar diverse Wagen hinter sich her. Warum? Am Fahrpult, bei aufgedrehtem Regler, liegt eine Spannung von 12 V (Volt) an. Wenn alles sauber verbunden ist, kann ein Strom von bis zu 1 A (Ampere) fließen.

Hier die Schnittstelle zwischen Lok und Gleis:



**Bild 1-04** Lok auf Gleis

Über Schleifer (hier) und Räder fließt die elektrische Energie in die Lok.

Was passiert innen? Nehmen wir doch mal das Gehäuse ab, wie in Bild 1-05 auf der folgenden Seite dargestellt:





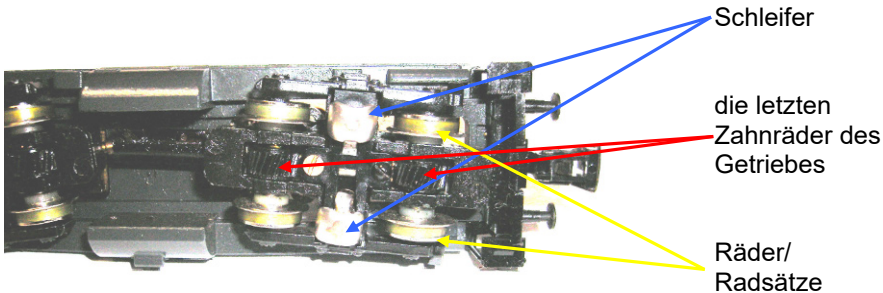
**Bild 1-05** Abgenommenes Lokgehäuse

Der Motor ist mit Kabeln mit den Rädern und Schleifern verbunden. Im Motor wird die elektrische Energie in mechanische umgewandelt und an ein

Getriebe übergeben. Hier wird die hohe Drehzahl der Motorwelle unteretzt und an die Radsätze übergeben.

Im Motor wird die elektrische Energie in mechanische umgewandelt und an ein Getriebe übergeben. Hier wird die hohe Drehzahl der Motorwelle unteretzt und an die Radsätze übergeben.

Das Ganze von unten:



**Bild 1-06** Lok von unten

Somit können sich die Räder drehen, die Lok fährt auf dem Gleis.

## 1.2 Ohm'sches Gesetz

Wie? Spannung? Strom? Elektrische Energie? Keine Panik, wir machen erstmal einen Ausflug in den Harz:



**Bild 1-07** Sösetal Staumauer

Sösetalsperre: Blick hinter den Damm im Bild 1-08 auf der folgenden Seite.