



STAATSIINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT  
UND BILDUNGSFORSCHUNG  
MÜNCHEN

BERUFLICHE OBERSCHULEN

# Formelsammlung

Physik

Technologie

Chemie

mit

Merkhilfe Mathematik/Technik

KASTNER AG  
das medienhaus

Ph, Te, C



# Formelsammlung

**Physik**

**Technologie**

**Chemie**

**mit**

**Merkhilfe Mathematik/Technik**

**München 2013**

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

**Leitung der Arbeitskreise:**

Georg Ott Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

**Mitglieder der Arbeitskreise:**

**Physik**

Josef Beck	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Freising
Jens Klee	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Coburg
Thomas Ondak	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Augsburg
Otmar Schuldes	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Bamberg

**Technologie**

Bernd Hoffmann	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Augsburg
Günter Lamprecht	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Bamberg
Harald Werchan	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Freising

**Chemie**

Tanja Dewath	Staatliche Fachoberschule Nürnberg
Dr. Markus Haitzer	Staatliche Fach- und Berufsoberschule Traunstein

**Herausgeber:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

**Anschrift:**

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung  
Abteilung Berufliche Schulen  
Schellingstr. 155  
80797 München  
Tel.: 089 2170-2211  
Fax: 089 2170-2215  
Internet: [www.isb.bayern.de](http://www.isb.bayern.de)  
E-Mail: [abt.bes@isb.bayern.de](mailto:abt.bes@isb.bayern.de)

**Verlag:**

Kastner AG – das Medienhaus  
Schlosshof 2-6  
85283 Wolnzach  
Telefon 0049(0)8442/9253-0  
Fax 0049(0)8442/2289  
[www.kastner.de](http://www.kastner.de)

2., überarbeitete Auflage 2013

ISBN-Nr. 978-3-941951-91-4

# Inhaltsverzeichnis

## Physik

<b>1</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>9</b>
1.1	Dichte .....	9
1.2	Gewichtskraft .....	9
1.3	Normalkraft, Hangabtriebskraft.....	9
1.4	Hooke'sches Gesetz.....	9
1.5	Druck .....	9
1.6	Hydrostatischer Druck .....	10
1.7	Auftriebskraft.....	10
1.8	Reibungskraft.....	10
1.9	Statisches Gleichgewicht.....	10
1.10	Drehmoment.....	11
1.11	Hebelgesetz.....	11
<b>2</b>	<b>Geradlinige Bewegungen.....</b>	<b>12</b>
2.1	Mittlere und momentane Geschwindigkeit .....	12
2.2	Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit .....	12
2.3	Mittlere und momentane Beschleunigung.....	12
2.4	Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung.....	12
2.5	Der freie Fall .....	13
<b>3</b>	<b>Newton'sche Gesetze.....</b>	<b>14</b>
3.1	Trägheitssatz (1. Newton'sches Gesetz) .....	14
3.2	Grundgesetz der Mechanik (2. Newton'sches Gesetz).....	14
3.3	Wechselwirkungsprinzip (3. Newton'sches Gesetz) .....	14
<b>4</b>	<b>Arbeit, Energie und Leistung.....</b>	<b>15</b>
4.1	Arbeit .....	15
4.2	Verschiedene Arten der Arbeit.....	15
4.3	Mechanische Energie .....	16
4.4	Energieerhaltungssatz der Mechanik.....	17
4.5	Mittlere und momentane Leistung.....	17
4.6	Wirkungsgrad einer kontinuierlich arbeitenden Maschine.....	17
<b>5</b>	<b>Kraftstoß, Impuls, Stoßvorgänge .....</b>	<b>18</b>
5.1	Kraftstoß .....	18
5.2	Impuls .....	18
5.3	Zusammenhang zwischen Kraftstoß und Impuls .....	18
5.4	Gesetz von der Erhaltung des Impulses .....	18
<b>6</b>	<b>Kreisbewegung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit.....</b>	<b>20</b>
6.1	Drehwinkel .....	20
6.2	Winkelgeschwindigkeit.....	20
6.3	Frequenz und Umlaufdauer .....	20
6.4	Zusammenhänge zwischen Winkelgeschwindigkeit, Frequenz und Umlaufdauer..	20
6.5	Ortsvektor .....	21
6.6	Bahngeschwindigkeit .....	21
6.7	Zentripetalbeschleunigung.....	21
6.8	Zentripetalkraft.....	21

<b>15</b>	<b>Elektromagnetischer Schwingkreis .....</b>	<b>45</b>
15.1	Differenzialgleichung der ungedämpften elektromagnetischen Schwingung .....	45
15.2	Allgemeine Lösung der Differenzialgleichung der ungedämpften elektromagnetischen Schwingung .....	45
15.3	Thomson-Gleichung für die Periodendauer der ungedämpften elektromagnetischen Schwingung .....	45
<b>16</b>	<b>Elektromagnetische Wellen .....</b>	<b>46</b>
16.1	Fortschreitende elektromagnetische Welle im Vakuum .....	46
16.2	Reflexion und Brechung elektromagnetischer Wellen .....	46
16.3	Beugung und Interferenz elektromagnetischer Wellen .....	46
16.4	Stehende elektromagnetische Wellen .....	47
16.5	Dipolschwingungen .....	47
<b>17</b>	<b>Optik .....</b>	<b>48</b>
17.1	Geometrische Optik .....	48
17.2	Wellenoptik .....	49
<b>18</b>	<b>Spezielle Relativitätstheorie .....</b>	<b>50</b>
18.1	Lorentzfaktor .....	50
18.2	Zeitdilataion .....	50
18.3	Längenkontraktion .....	50
18.4	Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse .....	50
18.5	Relativistischer Impuls .....	51
18.6	Relativistische Energie .....	51
<b>19</b>	<b>Dualismus Welle - Teilchen.....</b>	<b>52</b>
19.1	Photonen .....	52
19.2	Äußerer lichtelektrischer Effekt .....	52
19.3	Compton-Effekt.....	52
19.4	Materiewellen (De Broglie-Wellen) .....	53
<b>20</b>	<b>Atomphysik .....</b>	<b>54</b>
20.1	Atomhülle.....	54
20.2	Atomkerne .....	55
20.3	Radioaktivität .....	56
<b>21</b>	<b>Fehlerrechnung.....</b>	<b>58</b>
21.1	Messabweichung, Messunsicherheit und Messergebnis .....	58
21.2	Mehrmalige direkte Messung unter gleichen Bedingungen .....	59
21.3	Maximale Unsicherheit eines Funktionswerts .....	60

## Technologie

<b>1</b>	<b>Festigkeitslehre .....</b>	<b>61</b>
1.1	Normalspannung .....	61
1.2	Schubspannung .....	61
1.3	Formänderung im elastischen Bereich .....	61
1.4	Beanspruchungsarten .....	62
1.5	Zulässige Spannungen .....	62
<b>2</b>	<b>Werkstoffprüfung für Metalle .....</b>	<b>63</b>
2.1	Zugversuch .....	63
2.2	Härteprüfung .....	64
2.3	Zusammenhang zwischen Zugfestigkeit und Härte nach Brinell .....	64
2.4	Zusammenhang zwischen Zugfestigkeit und Scherfestigkeit .....	64
<b>3</b>	<b>Thermodynamik .....</b>	<b>65</b>
3.1	Grundlagen .....	65
3.2	Hauptsätze der Thermodynamik .....	67
3.3	Wärme, innere Energie und Arbeit .....	67
<b>4</b>	<b>Digitaltechnik .....</b>	<b>71</b>
4.1	Gesetze der Schaltalgebra .....	71
4.2	Stellenwertsysteme .....	71
4.3	Grundfunktionen logischer Schaltungen .....	72
4.4	Verknüpfte logische Schaltungen .....	72

## Chemie

<b>1</b>	<b>Quantitative Aspekte .....</b>	<b>73</b>
1.1	Teilchenzahl .....	73
1.2	Masse .....	73
1.3	Volumen idealer Gase .....	73
1.4	Stoffmengenkonzentration .....	73
1.5	Massenkonzentration .....	73
1.6	Massenanteil .....	73
<b>2</b>	<b>Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit .....</b>	<b>74</b>
<b>3</b>	<b>Massenwirkungsgesetz .....</b>	<b>74</b>
3.1	Reaktionen, bei denen keine Gase beteiligt sind .....	74
3.2	Gasreaktionen .....	74
3.3	Gibbs-Helmholtz-Gleichung .....	74
<b>4</b>	<b>Säure-Base-Gleichgewichte .....</b>	<b>75</b>
4.1	Ionenprodukt des Wassers .....	75
4.2	Säurekonstante und Säureexponent .....	75
4.3	Basekonstante und Baseexponent .....	75
4.4	pH-Wert .....	76
4.5	pOH-Wert .....	76
4.6	Näherungsformeln zur Berechnung des pH-Werts .....	76
<b>5</b>	<b>Redox-Gleichgewichte .....</b>	<b>77</b>
5.1	Leerlaufspannung eines galvanischen Elements .....	77
5.2	Nernst'sche Gleichung .....	77

# Tabellen

## Tabellen zur Physik

<b>1</b>	<b>Ausgewählte Konstanten</b> .....	<b>78</b>
<b>2</b>	<b>Ruhmassen und Ruheenergien ausgewählter Teilchen</b> .....	<b>79</b>
<b>3</b>	<b>Basisgrößen und Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems</b> .....	<b>80</b>
<b>4</b>	<b>Weitere wichtige physikalische Größen und ihre Einheiten</b> .....	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>Umrechnung von Einheiten ausgewählter Größen</b> .....	<b>86</b>
5.1	Länge .....	86
5.2	Masse .....	86
5.3	Geschwindigkeit .....	86
5.4	Druck .....	86
5.5	Energie .....	87
<b>6</b>	<b>SI-Vorsätze und griechisches Alphabet</b> .....	<b>88</b>
6.1	SI-Vorsätze zur Bezeichnung von Zehnerpotenzen und Einheiten .....	88
6.2	Griechisches Alphabet .....	88
<b>7</b>	<b>Dichte</b> .....	<b>89</b>
7.1	Metalle .....	89
7.2	Legierungen .....	89
7.3	Feste Stoffe .....	90
7.4	Flüssigkeiten .....	90
7.5	Gase .....	91
7.6	Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur für Wasser .....	91
<b>8</b>	<b>Viskosität</b> .....	<b>92</b>
8.1	Flüssigkeiten .....	92
8.2	Gase .....	92
<b>9</b>	<b>Längenausdehnungskoeffizienten fester Stoffe</b> .....	<b>93</b>
<b>10</b>	<b>Volumenausdehnungskoeffizienten</b> .....	<b>94</b>
10.1	Flüssigkeiten .....	94
10.2	Gase .....	94
<b>11</b>	<b>Schallgeschwindigkeiten</b> .....	<b>95</b>
11.1	Schallgeschwindigkeit bei 20 °C .....	95
11.2	Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit in Luft von der Temperatur .....	95
<b>12</b>	<b>Reibungszahlen und Widerstandsbeiwerte in Luft</b> .....	<b>96</b>
12.1	Rollreibungszahlen .....	96
12.2	Haftreibungszahlen und Gleitreibungszahlen .....	96
12.3	Fahrwiderstandszahlen .....	96
12.4	Widerstandsbeiwerte in Luft .....	97
<b>13</b>	<b>Bremsverzögerungen</b> .....	<b>98</b>
13.1	Bremsverzögerungen von Personenkraftwagen .....	98
13.2	Typische Bremsverzögerungen von weiteren Fahrzeugen .....	98
<b>14</b>	<b>Daten der Himmelskörper im Sonnensystem</b> .....	<b>99</b>
14.1	Daten der Planeten .....	99
14.2	Daten der Sonne .....	100
14.3	Daten des Erdmondes .....	100

15	Permittivitätszahlen (Dielektrizitätszahlen) .....	101
16	Permeabilitätszahlen .....	101
17	Brechzahlen ausgewählter Stoffe .....	102
18	Elektromagnetisches Spektrum .....	102
19	Wellenlänge einiger Spektrallinien im sichtbaren Bereich in Luft .....	103
20	Austrittsarbeit für einige Metalle beim äußeren lichtelektrischen Effekt.....	103
21	Atommassen, Halbwertszeiten und wahrscheinlichste Zerfallsart ausgewählter Nuklide .....	104
22	Natürliche Zerfallsreihen.....	110
23	Ausgewählte Schaltzeichen.....	112

## Tabellen zur Technologie

1	Gaskonstanten.....	113
2	Heizwerte .....	113
2.1	Heizwerte fester und flüssiger Brennstoffe .....	113
2.2	Heizwerte gasförmiger Brennstoffe.....	114
3	Spezifischer elektrischer Widerstand .....	114
4	Wärmeleitfähigkeit.....	115
5	Spezifische Wärmekapazität von Flüssigkeiten und Feststoffen .....	116
6	Schmelztemperatur und Siedetemperatur fester Stoffe .....	117
7	Spezifische Schmelzwärme und Verdampfungswärme .....	118
8	Flächenmomente 2. Ordnung und Widerstandsmomente .....	119
9	Festigkeitswerte von Werkstoffen.....	120
9.1	Stähle .....	120
9.2	Gusseisenwerkstoffe .....	121
9.3	Nichteisenmetalle .....	122
9.4	Nichtmetalle.....	123
10	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm .....	124

## Tabellen zur Chemie

1	Säurekonstanten und Basekonstanten.....	125
2	Elektrochemische Spannungsreihe der Metalle .....	126
3	Elektrochemische Spannungsreihe der Nichtmetalle .....	127
4	Elektrochemische Spannungsreihe weiterer Halbreaktionen.....	127

Stichwortverzeichnis .....	128
----------------------------	-----

## Anhang: Merkhilfe Mathematik/Technik



# 1 Grundlagen

## 1.1 Dichte $\rho$

- $m$  ist die Masse eines Körpers / einer Flüssigkeit / eines Gases,
- $V$  das zugehörige Volumen,
- $\rho$  die Dichte des Körpers / der Flüssigkeit / des Gases.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## 1.2 Gewichtskraft $\vec{F}_G$

- $m$  ist die Masse eines Körpers,
- $g$  der Ortsfaktor (Betrag der Fallbeschleunigung),
- $F_G$  der Betrag der auf den Körper wirkenden Gewichtskraft  $\vec{F}_G$ .

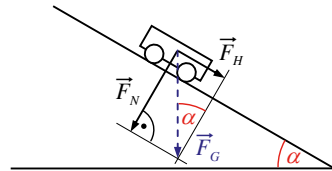
$$F_G = m \cdot g$$

## 1.3 Normalkraft $\vec{F}_N$ , Hangabtriebskraft $\vec{F}_H$

- $\vec{F}_G$  ist die Gewichtskraft,
- $\vec{F}_H$  die Hangabtriebskraft,
- $\vec{F}_N$  die Normalkraft.

$\vec{F}_H$  und  $\vec{F}_N$  sind Komponenten von  $\vec{F}_G$ .

Mit der Normalkraft  $\vec{F}_N$  wird ein Körper senkrecht auf eine Unterlage gedrückt.



## 1.4 Hooke'sches Gesetz

- $F$  ist der Betrag einer Kraft  $\vec{F}$ , mit der eine Feder gedehnt / gestaucht wird,
- $D$  die Federkonstante (Federhärte),
- $s$  die Länge der Dehnung / Stauchung der Feder.

$$F = D \cdot s$$

## 1.5 Druck $p$

- $F_N$  ist der Betrag einer Kraft  $\vec{F}_N$ , die senkrecht auf eine Fläche drückt (Normalkraft),
- $A$  der Inhalt der Fläche,
- $p$  der Druck.

$$p = \frac{F_N}{A}$$

## 1.6 Hydrostatischer Druck $p_h$

- $h$  ist die Höhe einer Flüssigkeitssäule,  
 $\rho$  die Dichte der Flüssigkeit,  
 $g$  der Ortsfaktor (Betrag der Fallbeschleunigung),  
 $p_h$  der hydrostatische Druck.

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

## 1.7 Auftriebskraft $\vec{F}_A$

- $\rho$  ist die Dichte eines Mediums (Flüssigkeit oder Gas), in  
 das ein Körper ganz oder teilweise eingetaucht ist,  
 $V$  das Volumen des verdrängten Mediums,  
 $g$  der Ortsfaktor (Betrag der Fallbeschleunigung),  
 $F_A$  der Betrag der Auftriebskraft  $\vec{F}_A$ .

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V$$

## 1.8 Reibungskraft $\vec{F}_R$

### 1.8.1 Reibungskraft zwischen zwei Festkörpern

- $F_N$  ist der Betrag der Normalkraft  $\vec{F}_N$ , mit der ein Körper auf  
 eine Unterlage gedrückt wird,  
 $\mu$  die Reibungszahl,  
 $F_R$  der Betrag der Reibungskraft  $\vec{F}_R$ .

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

### 1.8.2 Reibungskraft bei laminarer Strömung (Gesetz von Stokes)

- $r$  ist der Radius einer Kugel,  
 $v$  der Betrag der Geschwindigkeit  $\vec{v}$ , mit der sich die Kugel  
 in einem Medium (Flüssigkeit oder Gas) bewegt,  
 $\eta$  die Viskosität (Zähigkeit) des Mediums,  
 $F_R$  der Betrag der Reibungskraft  $\vec{F}_R$ .

$$F_R = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

### 1.8.3 Reibungskraft bei turbulenter Strömung (Gesetz von Newton)

- $v$  ist der Betrag der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  eines Körpers,  
 $A$  der Querschnitt des Körpers, der senkrecht zu  $\vec{v}$  steht,  
 $c_w$  der Widerstandsbeiwert,  
 $\rho$  die Dichte des Mediums,  
 $F_R$  der Betrag der Reibungskraft  $\vec{F}_R$ .

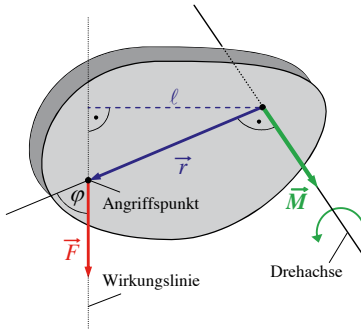
$$F_R = \frac{1}{2} c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

## 1.9 Statisches Gleichgewicht

Ist die Resultierende aller auf einen punktförmigen Körper wirkenden Kräfte  $\vec{F}_1, \dots, \vec{F}_n$  gleich dem Nullvektor, so befindet sich der Körper im statischen Gleichgewicht.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}$$

### 1.10 Drehmoment $\vec{M}$



Der von der Drehachse zum Angriffspunkt der Kraft  $\vec{F}$  gezogene Lotvektor  $\vec{r}$  hat die Länge  $r$ .

Den Abstand  $l$  der Wirkungslinie der Kraft  $\vec{F}$  von der Drehachse bezeichnet man als *Kraftarm* oder *Hebelarm*.

Es gilt:  $l = r \cdot \sin \varphi$  (siehe Skizze)

Das Drehmoment  $\vec{M}$  ist definiert als das Vektorprodukt aus  $\vec{r}$  und  $\vec{F}$ .

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Ein Drehmoment  $\vec{M}$  ist *linksdrehend*, wenn es *entgegen dem Uhrzeigersinn* dreht (siehe Skizze).

$l$  ist der Kraftarm (Hebelarm),

$F$  der Betrag der Kraft  $\vec{F}$ ,

$M$  der Betrag des Drehmomentes  $\vec{M}$ .

$$M = F \cdot l$$

### 1.11 Hebelgesetz

Ein Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Summe der linksdrehenden Momente gegengleich der Summe der rechtsdrehenden Momente ist.

## 2 Geradlinige Bewegungen

Ein punktförmiger Körper (Massenpunkt) bewegt sich längs der  $x$ -Achse eines Koordinatensystems. Deshalb werden im Folgenden die in den Formeln auftretenden Geschwindigkeiten  $\vec{v}_0$ ,  $\vec{v}_m$  und  $\vec{v}(t)$  sowie die Beschleunigungen  $\vec{a}_m$  und  $\vec{a}(t)$  kurz mit ihren  $x$ -Koordinaten  $v_0$ ,  $v_m$  und  $v(t)$  sowie  $a_m$  und  $a(t)$  bezeichnet.

### 2.1 Mittlere und momentane Geschwindigkeit

Betrachtet wird die Bewegung des Körpers in einem Zeitintervall  $[t; t + \Delta t]$ .

$\Delta t$  ist die Länge des Zeitintervalls,  
 $\Delta x$  die Änderung der Ortskoordinate  $x$  in diesem Zeitintervall,  
 $v_m$  die *mittlere Geschwindigkeit* für dieses Zeitintervall.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$v(t)$  ist die *momentane Geschwindigkeit* zum Zeitpunkt  $t$ .

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}(t) = \frac{dx}{dt}(t) = \dot{x}(t)$$

### 2.2 Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

$x_0$  ist die Ortskoordinate des Körpers zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$ ,  
 $x(t)$  die Ortskoordinate zu einem Zeitpunkt  $t$ ,  
 $v$  die konstante Geschwindigkeit.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t) - x_0}{t - t_0}$$

$$x(t) = x_0 + v \cdot t$$

### 2.3 Mittlere und momentane Beschleunigung

Betrachtet wird die Bewegung des Körpers in einem Zeitintervall  $[t; t + \Delta t]$ .

$\Delta t$  ist die Länge des Zeitintervalls,  
 $\Delta v$  die Änderung der Geschwindigkeit in diesem Zeitintervall,  
 $a_m$  die *mittlere Beschleunigung* für dieses Zeitintervall.

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$a(t)$  ist die *momentane Beschleunigung* zum Zeitpunkt  $t$ .

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}(t) = \frac{dv}{dt}(t) = \dot{v}(t) = \ddot{x}(t)$$

### 2.4 Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung

$x_0$  ist die Ortskoordinate des Körpers zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$ ,  
 $x(t)$  die Ortskoordinate zu einem Zeitpunkt  $t$ ,  
 $v_0$  die Geschwindigkeit des Körpers zum Zeitpunkt  $t_0$ ,  
 $v(t)$  seine Geschwindigkeit zu einem Zeitpunkt  $t$ ,  
 $a$  die konstante Beschleunigung, die der Körper erfährt.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t) - v_0}{t - t_0}$$

$$v(t) = v_0 + a \cdot t$$

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

# BERUFLICHE OBERSCHULEN

Physik, Technologie, Chemie



**Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung**  
Schellingstraße 155, 80797 München  
Tel.: 089 2170-2101  
Fax: 089 2170-2105  
Internet: [www.isb.bayern.de](http://www.isb.bayern.de)

ISBN-Nr. 978-3-941951-91-4