



VERBAND ZUR FÖRDERUNG  
DES MINT-UNTERRICHTS  
LANDESVERBAND WESTFALEN  
LANDESVERBAND NORDRHEIN

**MNU LV Nordrhein**

Dr. Renate Schwab

Landesvorsitzende

0178 - 6454568

renate.schwab@mail.aachen.de

www.lv-nordrhein.mnu.de

**MNU LV Westfalen**

StD Udo Wlotzka

Landesvorsitzender

0231 - 717024

udo.wlotzka@mnu.de

www.lv-westfalen.mnu.de

Herrn Staatssekretär

Mathias Richter

Ministerium für Schule und Bildung NRW

**40190 Düsseldorf**

*per E-Mail an [KLPBeteiligung@msb.nrw.de](mailto:KLPBeteiligung@msb.nrw.de)*

Aachen und Dortmund, 11. Februar 2022

## **Stellungnahme zum Kernlehrplan Physik gemäß dem Entwurf für die Verbände**beteiligung vom 17.12.2021****

Sehr geehrter Herr Staatssekretär Richter,

die **Landesverbände Westfalen und Nordrhein des MNU**-Verbandes zur Förderung des MINT-Unterrichts begrüßen den vorliegenden Lehrplan-Entwurf als weitgehend gelungen.

Die Grundideen des vorgelegten Kernlehrplans sind für uns im Allgemeinen verständlich und nachvollziehbar. Insbesondere begrüßen wir, dass

1. die Grundstruktur des vorgelegten Lehrplan-Entwurfs im Wesentlichen der bisherigen entspricht, die Bezeichnung der Themenfelder teilweise durch aussagekräftigere Begriffe ersetzt worden sind (insb. LK) und auch deren Abfolge fachsystematisch aufbauend ist und somit kumulatives Lernen erleichtert.
2. die Kontextorientierung als didaktisches Grundprinzip erhalten bleibt,
3. keine konkretisierten Kompetenzerwartungen zum Kompetenzbereich „**Kommunikation**“ ausgewiesen werden, sondern diese in die anderen Kompetenzbereiche eingebunden sind,
4. (mit Einschränkungen, s. u.) **Operatoren** weitgehend einheitlich verwendet werden,
5. die Kompetenzformulierungen an vielen Stellen konkretisiert worden sind, insbesondere beim Inhaltsfeld „Strahlung und Materie“

Demgegenüber halten wir jedoch – abgesehen von konkreten fachspezifischen Aspekten (s. u.) – einige **grundsätzliche Anregungen** für notwendig. Dies wären im Einzelnen:

1. Eine Reihe von (fachdidaktisch und fachlichen) modernen Elementen des Kernlehrplans von 2013, die sich gut etabliert haben und zu denen in den vergangenen Jahren interessante Unterrichtskonzepte und Fortbildungen entwickelt worden waren, werden wieder herausgenommen (Quantenobjekte, Relativitätstheorie, Elementarteilchenphysik). Die drei zentralen Neuerungen des aktuellen Kernlehrplans sind im neuen Entwurf fast vollständig verschwunden,

wodurch die Entwicklungsarbeit vieler Fachschaften und die Fortbildungsarbeit der letzten Jahre hinfällig wird. Es besteht die Gefahr, dass viele Kolleginnen und Kollegen zukünftig frustriert Entwicklungsarbeit verweigern, da sie nicht nachhaltig angewendet werden kann. Daher wäre es wünschenswert, dass diese genannten Bereiche mehr Gewicht im neuen Kernlehrplan erhalten.

2. Im Kernlehrplan der Sekundarstufe I sind die Kompetenzerwartungen beginnend mit „Die Schülerinnen und Schüler können...“ formuliert. Wir würden es sehr begrüßen, wenn diese Formulierung als Fortführung auch im Kernlehrplan der Sekundarstufe II genutzt wird. So würde der eigentliche Lernzuwachs deutlich besser hervorgehoben werden.
3. Die Behandlung der speziellen Relativitätstheorie in die EF zu verlegen bedeutet, dass diese nicht so behandelt werden kann, dass ein Verständnis möglich wird. Dies zum einen wegen der dort deutlich geringeren mathematischen Kenntnisse der Lernenden und zum anderen, da das Michelson-Experiment wegen fehlender Kenntnisse zur Interferenz nicht verstanden werden kann. Wir regen an, die Behandlung der speziellen Relativitätstheorie zusätzlich zu einer mehr überblickartigen Behandlung in der EF auch in die Q1/2 so einzubinden, dass das Gesamtkonzept verstanden werden kann. Laut KLP, S. 16, Ende vorletzter Absatz („Andere relativistische Phänomene sind exemplarisch in ihren Grundzügen in weiteren Inhaltsfeldern der Qualifikationsphase eingebunden.“) ist das zwar intendiert, wird aber nicht wirklich realisiert: Die einzigen Hinweise auf Aspekte der SRT finden sich hier:
  - S. 39 „ $E = \Delta m c^2$ “
  - S. 43 „... relativistischen Massenzunahme ... im Zyklotron“
  - S. 50 „(Massendefekt)“

Zu Aspekten der ART gibt es nicht einmal andeutungsweise Hinweise.

4. Als bedauerlich wird von Teilen der Lehrerschaft die Aufteilung des ehemaligen Inhaltsfeldes „Quantenobjekte“ gesehen; dies könnte wieder zu einem stärker konservativen Unterrichtsgang verleiten, der innerfachliche Vernetzung vernachlässigt. Eine „ganzheitliche“ Betrachtung der Quantenobjekte mit der parallelen Betrachtung der Wellen- und Teilcheneigenschaften ist nicht mehr möglich. Die „klassischen“ Eigenschaften müssen zuerst und separat betrachtet werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wo die Klammer zwischen „klassischen Wellen“ und „Teilchen in Feldern“ im neu geschaffenen Inhaltsfeld wirkt, außer im Begriff „klassisch“? In der Beschreibung des Inhaltsfeldes und auch bei den konkretisierten Kompetenzen wird deutlich, dass es sich im Prinzip um eine Anhäufung von physikalischem Wissen handelt, dies widerspricht unserer Auffassung von modernem, kompetenzorientiertem und kontextorientiertem Physikunterricht. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass mit dem Wegfall der Teilchenphysik und weiten Teilen der Relativitätstheorie sowieso schon wesentliche Gebiete der „modernen Physik“ aus der Q-Phase verschwunden sind, ist diese Isolierung der „klassischen Eigenschaften“ von Quantenobjekten höchst fragwürdig.  
Vorschlag: Es sollte mindestens in einem Mustercurriculum oder in den Implementationsveranstaltungen die Möglichkeit eröffnet werden, die Inhaltsfelder „klassische ...“ und „Quantenobjekte“ miteinander vernetzt unterrichten zu können.  
Besser wäre noch, das „klassische Inhaltsfeld“ auf die Wellen zu reduzieren, damit wenigstens das Quantenobjekt „Elektron“ mit seinen beiden Eigenschaften in Rahmen der QM untersucht werden kann.
5. An mehreren Stellen werden nicht definierte **Operatoren** verwendet bzw. Operatoren wie „erklären“, „erläutern“, „beschreiben“ werden nicht konsequent eindeutig benutzt – s. dazu Beispiele unten in den „Anmerkungen zu einzelnen Kompetenzen“. Wir regen an, ähnlich wie im SekII-Bereich über eine Liste mit ausgesuchten Operatoren samt ihren Definitionen

nachzudenken. Die KMK hat dazu bereits 2013 eine unseres Erachtens gut brauchbare Liste mit Definitionen und Beispielen herausgegeben<sup>1</sup>.

6. Die weiterhin gültige Fokussierung auf die „experimentelle Methode“ (S. 10, oben) ist zu begrüßen. Wir schlagen vor, dies noch zu unterstreichen, indem als 2. Satz eingefügt wird: *„Aus diesem Grunde sind in den konkretisierten Kompetenzerwartungen im Grundkursbereich die (obligatorischen?) Schlüsselexperimente kursiv ausgewiesen.“*  
Des Weiteren schlagen wir vor, den Absatz 1 auf S. 10 mit folgender – in Teilen aus dem KLP 2013 übernommener – Anmerkung zu ergänzen: *„Für Einführungs- und Qualifikationsphase ist festzuhalten, dass die Durchführung von Realexperimenten für den Lernprozess vorzuziehen ist. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen können einzelne Experimente ggf. aber durch Online-Experimente, interaktive Bildschirmexperimente, Simulationen oder geeignete Darstellungen ersetzt werden.“*
7. Im Kerncurriculum ist die Rede von "landesweit einheitlichen Standards", " bundeseinheitlichen Vorgaben", "vergleichbaren Voraussetzungen für zentrale Prüfungen des Abiturs“. Dies ist sinnvoll in Bezug auf den bundeseinheitlichen Aufgabenpool für die Abituraufgaben. Allerdings wird die Vergleichbarkeit schwierig im Hinblick auf unterschiedliche Unterrichtszeiten (z.B. in Bayern 4-stündige Kurse, in NRW 3- und 5- stündige Kurse). Prozesse lassen sich vergleichen, mit den Inhaltsfeldern wird es schwierig, zumal z.B. in Bayern Astronomie zum Pflichtprogramm der Oberstufe zählt.
8. Im Kapitel 2.1.3 werden die neu geschaffenen Basiskonzepte lediglich erwähnt, aber in keiner Weise erläutert. Wir schlagen vor, hier zumindest die Anmerkungen aus den Bildungsstandards (s. BiStas, S. 19-20) zu übernehmen, um das benötigte Grundverständnis zu vermitteln.

### **Fachspezifische Anregungen:**

1. Der Begriff „Magnetische Flussdichte“, der den bisher im Lehrplan verwendeten Begriff „magnetische Feldstärke“ ersetzen soll, ist zwar der fachlich korrekte Begriff, fachdidaktisch jedoch sehr problematisch. Erstens weil er bei seiner Einführung im Unterricht aus Schülersicht keinen Sinn ergibt, zweitens weil der Begriff „Feldstärke“ durch die Analogie zur elektrischen Feldstärke und zur Gravitationsfeldstärke zu einem tieferen und Teilgebiet übergreifenden Verständnis der physikalischen Zusammenhänge führt, also dem, was durch die Basiskonzepte intendiert ist. Vorschlag: Beide Begriffe im Lehrplan aufführen oder in Analogie zum Zentralabitur den Begriff „Stärke des Magnetfeldes“ verwenden.
2. Der Begriff „Newtonsche Gesetze“, der zwar auch schon im bisherigen Lehrplan verwendet wurde, allerdings nur einmal, ist fachlich unzutreffend, auch wenn er heute in Deutschland vielfach verwendet wird, vermutlich wegen wörtlicher Übersetzungen aus dem Englischen. Richtig ist die Bezeichnung „Newtonsche Axiome“, da es sich bei ihnen um unbeweisbare Grundannahmen handelt, während es sich bei Gesetzen um sowohl theoretisch als auch experimentell überprüfbar quantitative Zusammenhänge zwischen definierten Größen handelt. Die Kraft als Größe wird jedoch im 2. Newtonschen Axiom erst definiert. Außerdem wird durch die Verwendung des Begriffs „Newtonsche Axiome“ die Abgrenzung zum Newtonschen Gravitationsgesetz erleichtert.
3. Die Elektronenbeugungsröhre sollte auch im Grundkurs wieder aufgenommen werden, da sie, anders als das Doppelspaltexperiment mit Elektronen, in sehr vielen Schulen als Realexperiment verfügbar ist.

---

1

<https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/Auslandsschulwesen/Kerncurriculum/Auslandsschulwesen-Operatoren-Naturwissenschaften-02-2013.pdf>

4. Des Weiteren sollten Spannungsdefinition, Lenzsche Regel und die Drei-Finger-Regel konkret benannt werden, wie es auch bereits im aktuellen Kerncurriculum der Fall ist.
5. Linienspektren konkretisieren: Wasserstoffspektrum konkret benennen (praktisch durchführbare Untersuchung, theoretische Erklärung möglich)
6. Das Bohrsches Atommodell sollte wieder aufgenommen werden, um die Möglichkeit zu erhalten, Linienspektren zu erklären.
7. Die verpflichtende Behandlung des Zyklotrons im Bereich „Teilchen in Feldern“ ohne Berücksichtigung der relativistischen Massenzunahme ist fragwürdig.

## **Anmerkungen zu einzelnen Kompetenzen**

### **A) Übergeordnete Kompetenzen**

Es fällt auf, dass in den Bildungsstandards keine Abstufung zwischen „Ende der Einführungsphase“ und „Ende der Qualifikationsphase“ vorgesehen ist; insofern erscheint diese Abstufung im Kernlehrplan insgesamt überflüssig. In weiten Bereichen finden wir diese Abstufungen dann jedoch gelungen; einige Änderungsvorschläge halten wir dennoch für angemessen:

S2, 2. Stufe:

Vorschlag: ... *erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien sowie deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten.*

Begründung: „erläutern“ ist die höherwertige Kompetenz und dementsprechend der 2. Stufe angemessen

E5, 1. und 2. Stufe:

Die Abstufung ist angemessen, aber „konzipieren“ und „planen“ beschreiben den gleichen Vorgang – die Änderung ist hier überflüssig; die Ergänzung „Variablenkontrolle“ begrüßen wir.

E6, 1. Stufe:

„untersuchen“ ist als Vorstufe zum Erklären passend. Die Formulierung „vorliegenden Strukturen“ ist unnötig: wenn ich wahrnehme, dass etwas vorliegt, hat es jemand gefunden

K2:

In der 1. Stufe wird der Begriff „analysieren“ verwendet, der u. E. höherwertiger als „prüfen“ (2. Stufe) ist – bitte tauschen.

B4:

Ist „rational“ als Gegenpol zu „emotional“ zu verstehen?

Alternativvorschlag für 2. Stufe: „... bilden sich reflektiert und faktenbasiert auch in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.“

B6:

Die Abstufung zwischen 1. und 2. Stufe erscheint angemessen, aber laut der Beschreibung der Bewertungskompetenz (KLP, S. 15 unten) ist „bewerten“ die umfassendere Kompetenz; also auch in Stufe 1 „beurteilen“.

## B) Einführungsphase

### IF Grundlagen der Mechanik

#### Sachkompetenz

- Fachsprache: „...erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen **Axiomen** Bewegungen (S1, E2, K4)“. Mit Newton'schen Gesetzen würde man sonst auch das Gravitationsgesetz implizieren.

#### Erkenntnisgewinnungskompetenz

- In diesem Kompetenzbereich fehlt vollkommen die eigentliche Durchführung und Auswertung der Experimente. Vorschlag: „planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen, *führen sie durch, werten sie aus und bewerten die Ergebnisse und Arbeitsprozesse*“
- Der Operator **modellieren** ist sehr stark und umfasst deutlich mehr, als das was in diesem Zusammenhang gefordert werden kann. Sinnvoller wäre es an dieser Stelle, bei der alten Formulierung zu bleiben: „*berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte...*“
- Inwiefern sollen Messunsicherheiten bei der Messdatenauswertung berücksichtigt werden? Spätestens in der Implementationsveranstaltung müsste hier aufgeklärt werden, ob es sich um die Abschätzung des Größtfehlers handelt oder um konkrete Berechnungen der absoluten und relativen Unsicherheiten
- Es ist nur noch die Rede von „ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6)“. Wünschenswert wäre an dieser Stelle die Nennung typischer Diagramme. Es ist wichtig, dass sowohl händisch, als auch mit digitalen Werkzeugen erzeugt werden können.

### IF Kreisbewegungen, Gravitation und physikalischer Weltbilder

Wie oben beschrieben begrüßen wir den Ausbau der Kreisbewegungen und Weltbilder.

## C) Leistungskurs

### IF Ladungen, Felder und Induktion

#### Sachkompetenz

- Vorschlag: „*beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Feldstärke (S2, S3, E6),*“  
Begründung s. o.
- Wir schlagen vor, die Kompetenz „*erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf*“ aus dem KLP 2013 zu übernehmen.  
Begründung: Diese Kompetenz eröffnet die Chance, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Inhaltsfeldern und die strukturellen Gemeinsamkeiten von physikalischen Modellen in verschiedenen Bereichen aufzuzeigen; derartige Analogiebetrachtungen erachten wir als wertvoll.

## Erkenntnisgewinnung

- Zu „bestimmen mithilfe des Coulomb’schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3)“  
Vorschlag: „bestimmen mithilfe des Coulomb’schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander“  
Begründung: Mehr als die Berechnung von Kräften wird im gesamten Unterrichtsverlauf nurmehr beim Rutherford’schen bzw. Bohrschen Atommodell gebraucht, die aber ihrerseits im KLP nicht einmal mehr Erwähnung finden (was wir im i. Ü. sehr bedauern).
- Die beiden Kompetenzen  
„entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5)“ und  
„stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6)“,  
sind u. E. in Summe zu mächtig, zu aufwendig und finden nur wenig Anwendung.  
Vorschlag: „stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar und nutzen zur Erklärung des Verlaufs ggf. das Superpositionsprinzip“
- Zu „modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Quersfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7)“,  
Wir schlagen vor, die Anwendungen wie Wienfilter, Hall-Effekt, Massenspektrometer, ... explizit (ggf. in Klammern, entsprechend dem KLP 2013) zu erwähnen

## IF Schwingende Systeme und Wellen

### Erkenntnisgewinnung

- Vorschlag: „stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment dar, je nach Anwendung für mono- bzw. polychromatisches Licht (S1, S3, S6, E6)“,  
Begründung: Die experimentelle Bestätigung der Interferenzbedingungen für polychromatisches Licht am Einzelspalt erscheint uns als eine zu große Herausforderung und wenig angemessen.
- Vorschlag: „erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers und stellen die Bedeutung für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie dar“  
Begründung: Einzig Aufbau und Funktionsweise zu erklären, erscheint uns unnötig, da das M-I im weiteren Unterrichtsverlauf keine Rolle spielt; seine herausragende Bedeutung findet sich insbesondere als eines der Ausgangsexperimente zur Entwicklung der Relativitätstheorie (s.o.)
- Vorschlag: Streichung von „identifizieren das Sender-Empfänger-Prinzip mithilfe von Schwingkreisen in alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1)“,  
Begründung: Zum einen ist „identifizieren“ kein Operator für eine Bewertungskompetenz, zum anderen erscheint uns die gesamte Kompetenz völlig unverständlich.

### IF Atom- und Kernphysik

Insgesamt ist es unserer Meinung nach höchst bedauerlich, dass die Teilchenphysik in einem Lehrplan des 21. Jahrhundert nahezu nicht mehr vorkommt.

Wir schlagen vor, mindestens die folgenden Kompetenzformulierungen des KLP 2013 beizubehalten:

- „systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3)“,  
Begründung: Der Begriff „Standardmodell“ gehört (fast) zum populärwissenschaftlichen



Allgemeinwissen und sollte von LK-Absolventinnen und Absolventen mindestens in groben Zügen erläutert werden können.

- „*vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6)*“  
Begründung: Diese Kompetenz sollte als ganz wichtiges Konzept der modernen Physik und als Beispiel für einen Konzeptwechsel UNBEDINGT erhalten bleiben!

### **Sachkompetenz**

- „*geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3)*,  
Wir schlagen vor, wenigstens an dieser Stelle das Bohrsche Atommodell mit zu erwähnen, da es – gerade durch die Quantisierung des Bahndrehimpulses - einen geeigneten Übergang zum quantenmechanischen AM darstellt. Außerdem bietet es eine Basis, um weitere Kompetenzen zu erreichen, z. B. „*interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6)*,“
- „*beschreiben qualitativ Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien quantitativ (Massendefekt) und starker Wechselwirkung zwischen den Nukleonen (S1, S2)*,“  
Dieser Satz erschließt sich dem Leser nicht, insbesondere die Zuordnung von „qualitativ“ und „quantitativ“.
- „*ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6)*,“  
Wir schlagen vor, diese Kompetenzerwartung im Inhaltsfeld „Schwingende Systeme und Wellen“ zu verorten, um sie dann hier durch die ionisierenden Strahlen zu ergänzen.

### **Bewertungskompetenz**

- „*wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3)*“  
Die Reduktion auf „bildgebende Verfahren“ schränkt die Auswahl interessanter Kontexte/Anwendungen wie z. B. die Schwerionentherapie ein. Wir schlagen deshalb die folgende Änderung – auch unter beispielhafter Nennung mindestens zweier Verfahren vor:  
**„wägen die Chancen und Risiken medizinischer Diagnose- und Therapieverfahren (z. B. Positron-Elektron-Tomographie, Schwerionentherapie, ...) gegeneinander ab.“**  
Dies würde auch dazu führen, dass einige wünschenswerte Aspekte der Teilchenphysik Erwähnung finden.

Wir hoffen, Ihnen mit dieser Stellungnahme nützliche Anregungen gegeben zu haben.

**Dr. Henrik Bernshausen**  
MNU-Landesverband Westfalen  
Fachreferent Physik

**Christine Plankemann**  
MNU-Landesverband Nordrhein  
Fachreferentin Physik