



2

Die Leistungen 15-Jähriger in Naturwissenschaften

In diesem Kapitel werden das Konzept und die Messung der naturwissenschaftlichen Grundbildung in PISA 2015 definiert. Es zeigt außerdem, inwieweit es den Ländern gelingt, allen Schülerinnen und Schülern ein Grundkompetenzniveau in Naturwissenschaften zu vermitteln. Dies würde bedeuten, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Pflichtschulzeit wenigstens dazu in der Lage sind, mögliche Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene in vertrauten Kontexten zu liefern und ausgehend von Daten aus einfachen Untersuchungen angemessene Schlüsse zu ziehen. Dieses Kapitel beschäftigt sich außerdem mit der Frage, inwieweit die jungen Erwachsenen eine naturwissenschaftliche Denkweise – d.h. eine positive Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und der Erörterung naturwissenschaftlicher Themen – erworben haben.

Anmerkung zu Israel

Die statistischen Daten für Israel wurden von den zuständigen israelischen Stellen bereitgestellt, die für sie verantwortlich zeichnen. Die Verwendung dieser Daten durch die OECD erfolgt unbeschadet des Status der Golanhöhen, von Ost-Jerusalem und der israelischen Siedlungen im Westjordanland gemäß internationalem Recht.



Ein Verständnis von Naturwissenschaften und naturwissenschaftsbasierten Technologien ist nicht nur für die Personen notwendig, deren berufliche Laufbahn direkt davon abhängt, sondern auch für alle Bürgerinnen und Bürger, die sachkundige Entscheidungen in Bezug auf die vielen kontroversen Themen treffen möchten, die derzeit diskutiert werden – von eher persönlichen Themen wie einer gesunden Ernährung über lokale Themen wie die Abfallentsorgung in Großstädten bis zu globaleren und weitreichenderen Themen wie den Kosten und Vorteilen von gentechnisch verändertem Getreide oder der Frage, wie die katastrophalen Folgen der Erderwärmung verhindert und gemindert werden können.

Der naturwissenschaftliche Unterricht an Grund- und Sekundarschulen sollte sicherstellen, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende ihrer Schulzeit Diskussionen über naturwissenschaftliche und technologiebezogene Themen, die unsere Welt prägen, verstehen und führen können. Die meisten gegenwärtigen Lehrpläne für den naturwissenschaftlichen Unterricht basieren auf der Annahme, dass ein naturwissenschaftliches Verständnis so wichtig ist, dass das Fach ein zentraler Bestandteil in der Bildung aller jungen Menschen sein sollte (OECD, 2016b).

Ergebnisse der Datenanalyse

- Singapur schneidet im Bereich Naturwissenschaften besser ab als alle anderen Teilnehmerländer und -volkswirtschaften. Die vier leistungsstärksten OECD-Länder sind (in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen) Japan, Estland, Finnland und Kanada.
- Im OECD-Raum erreichten rd. 7,7% der Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften Kompetenzstufe 5 oder 6 und fielen damit in die Kategorie der „besonders leistungsstarken“ Schüler. Etwa ein Viertel aller Schülerinnen und Schüler (24,2%) in Singapur und mehr als ein Siebtel der Schüler in Chinesisch Taipeh (15,4%), Japan (15,3%) und Finnland (14,3%) erreichten dieses Niveau.
- Die Durchschnittsergebnisse in Naturwissenschaften haben sich zwischen 2006 und 2015 in Kolumbien, Israel, Macau (China), Portugal, Katar und Rumänien deutlich verbessert. Im gleichen Zeitraum haben Macau (China), Portugal und Katar den Anteil der leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler, die unter Kompetenzstufe 2 abschneiden, verringert und zugleich den Anteil der Schülerinnen und Schüler, deren Leistungen auf oder über Kompetenzstufe 5 liegen, vergrößert.
- In 33 Ländern und Volkswirtschaften war der Anteil der besonders leistungsstarken Schüler in Naturwissenschaften unter Jungen größer als unter Mädchen. Finnland ist das einzige Land, in dem Mädchen mit größerer Wahrscheinlichkeit als Jungen besonders leistungsstark sind. Gleichzeitig sind Jungen und Mädchen in den meisten Ländern gleichermaßen in der Lage, im PISA-Test die einfachsten naturwissenschaftlichen Aufgaben zu lösen.
- Bei Schülerinnen und Schülern, die in Naturwissenschaften schlecht abschneiden, ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass sie der Aussage zustimmen, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist und dass sie der Meinung sind, dass naturwissenschaftliche Forschungsansätze, wie beispielsweise mehrfach wiederholte Experimente, eine gute Methode darstellen, sich neues Wissen anzueignen.

DIE DEFINITION VON NATURWISSENSCHAFTLICHER GRUNDBILDUNG IN PISA

In der PISA-Erhebung von 2015, in der Naturwissenschaften den Schwerpunktbereich bildeten, wird naturwissenschaftliche Grundbildung definiert als „die Fähigkeit, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Ideen als reflektierender Bürger auseinanderzusetzen“. Eine Person, die über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügt, ist dazu bereit, sich argumentativ mit Naturwissenschaften und Technologie auseinanderzusetzen. Dies erfordert die Kompetenzen, Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen und Daten und Evidenz naturwissenschaftlich zu interpretieren (wegen einer näheren Beschreibung von naturwissenschaftlicher Grundbildung vgl. *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*, OECD, 2016b).

Naturwissenschaftliche Leistungen erfordern drei Arten von Wissen: konzeptuelles Wissen, Kenntnis der in den Naturwissenschaften angewendeten Standardverfahren sowie Kenntnisse über die Gründe und Ideen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler heranziehen, um ihre Behauptungen zu begründen. Die Erklärung naturwissenschaftlicher und technologischer Phänomene erfordert beispielsweise naturwissenschaftliches Fachwissen. Die Bewertung naturwissenschaftlicher Forschung und die naturwissenschaftliche Interpretation von Evidenz erfordern außerdem ein Verständnis darüber, wie naturwissenschaftliches Wissen gewonnen wird und mit welchem Konfidenzniveau es verbunden ist.



In der Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung wird berücksichtigt, dass die Kompetenz einer Schülerin/eines Schülers ein emotionales Element enthält: Die Einstellungen und Orientierungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber Naturwissenschaften können ihr Interesse beeinflussen, ihr Engagement stützen und sie motivieren, aktiv zu werden (Osborne, Simon und Collins, 2003; Schibeci, 1984).

Die Verwendung des Ausdrucks „naturwissenschaftliche Grundbildung“ unterstreicht, dass in PISA nicht nur geprüft werden soll, was die Schülerinnen und Schüler im Bereich der Naturwissenschaften wissen, sondern auch, wie sie dieses Wissen einsetzen können und ob sie naturwissenschaftliches Wissen in realen Lebenssituationen kreativ anwenden können. In den übrigen Teilen dieses Kapitels wird der Begriff „Naturwissenschaft“ auch im Sinne der in PISA gemessenen „naturwissenschaftlichen Grundbildung“ verwendet.

Nach dieser Definition handelt es sich bei naturwissenschaftlicher Grundbildung nicht um eine Eigenschaft, die eine Schülerin/ein Schüler hat oder nicht hat; sie kann vielmehr in größerem oder geringerem Umfang erworben werden und wird sowohl durch naturwissenschaftliches Wissen als auch durch Wissen über Naturwissenschaften sowie durch die Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften beeinflusst.

In PISA bezieht sich das Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung sowohl auf Naturwissenschaften als auch auf naturwissenschaftsbasierte Technologie, selbst wenn Naturwissenschaften und Technologie sich in Bezug auf Zwecke, Prozesse und Produkte unterscheiden. Technologie zielt darauf ab, die optimale Lösung für ein menschliches Problem zu finden, und es kann mehr als eine optimale Lösung geben. Im Gegensatz dazu geht es bei den Naturwissenschaften darum, die Antwort auf eine bestimmte Frage über die natürliche, materielle Welt zu finden. Die beiden Faktoren hängen jedoch eng zusammen, und Personen, die über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügen, sollten dazu in der Lage und bereit sein, sich argumentativ mit Naturwissenschaften und Technologie auseinanderzusetzen und diesbezüglich sachkundige Entscheidungen zu treffen. So treffen Personen beispielsweise Entscheidungen, die die Richtung neuer Technologien beeinflussen (wie die Entscheidung, ein kleineres, kraftstoffeffizienteres Auto zu fahren). Von Personen, die über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügen, wird erwartet, dass sie sachkundigere Entscheidungen treffen. Sie sollten außerdem dazu in der Lage sein, zu erkennen, dass Naturwissenschaften und Technologie zwar häufig eine Lösungsquelle darstellen, paradoxerweise jedoch auch als Risikoquelle gesehen werden können, die neue Probleme schafft, die nur durch den Einsatz von Naturwissenschaften und Technologie gelöst werden können.

Das Rahmenkonzept von PISA 2015 für die Erfassung der naturwissenschaftlichen Grundbildung

Abbildung I.2.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Aspekte des von den teilnehmenden Ländern und Volkswirtschaften festgelegten und vereinbarten PISA-Rahmenkonzepts 2015 für Naturwissenschaften sowie darüber, in welcher Beziehung diese Aspekte zueinander stehen. Im mittleren Kasten, der blau hervorgehoben ist, werden die drei Kompetenzen aufgeführt, die im Zentrum der PISA-Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung stehen: Phänomene naturwissenschaftlich erklären, naturwissenschaftliche Forschung bewerten und konzipieren sowie Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren. Die Schülerinnen und Schüler nutzen diese Kompetenzen in bestimmten Kontexten, die ein gewisses Verständnis von Naturwissenschaften und Technologie verlangen; diese Kontextsituationen beziehen sich normalerweise auf lokale oder globale Themen. Die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, ihre Kompetenzen auf einen bestimmten naturwissenschaftlichen Kontext anzuwenden, wird sowohl von ihren Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften, naturwissenschaftlichen Methoden und der zugrunde liegenden Fragestellung als auch von ihrem Wissen über naturwissenschaftliche Ideen und darüber, wie sie erzeugt und begründet werden, beeinflusst.

Das Rahmenkonzept von PISA 2015 für den Naturwissenschaftstest in PISA baut auf dem früheren, für die Erhebung von 2006 entwickelten Rahmenkonzept auf. Der größte Unterschied besteht darin, dass das Konzept „Wissen über Naturwissenschaften“, das in PISA 2006 als „Verständnis der charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als einer Form menschlichen Wissens und Forschens“ definiert wurde, klarer definiert und in zwei Komponenten aufgeteilt wurde – prozedurales Wissen und epistemisches Wissen (d.h. Wissen über Wesen und Entstehung von naturwissenschaftlichem Verständnis). Mehrere Änderungen im Testaufbau, insbesondere die Umstellung von einer papiergestützten auf eine computergestützte Erhebung, haben die Entwicklung der Testaufgaben ebenfalls beeinflusst, wie weiter unten ausführlicher beschrieben wird.

Alle bei der Beurteilung der Schülerleistungen in Naturwissenschaften verwendeten Aufgaben werden den verschiedenen Aspekten des Rahmenkonzepts sowie zwei zusätzlichen Dimensionen (Antwortformat und kognitive Anforderung) gegenübergestellt, um eine ausgewogene Erfassung zu erreichen, die den gesamten Rahmen abdeckt. Die Itemverteilung in den einzelnen Kategorien des Rahmenkonzepts spiegelt einen Konsens unter den Experten wider, die zur relativen Gewichtung dieser Komponenten in der Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung konsultiert wurden (OECD,



2016b). Die sechs zur Klassifizierung der Items herangezogenen Dimensionen werden weiter unten ausführlicher erläutert und in Abbildung I.2.2 zusammengefasst. Drei der sechs Dimensionen – naturwissenschaftliche Kompetenzen, Wissenstypen und Inhaltsbereiche – sind Berichtskategorien: Für jede von ihnen können die Schülerleistungen unter Verwendung von Subskalen in den verschiedenen Unterkategorien einander gegenübergestellt werden.

Abbildung I.2.1 ■ **Aspekte des Rahmenkonzepts für Naturwissenschaften in PISA 2015**

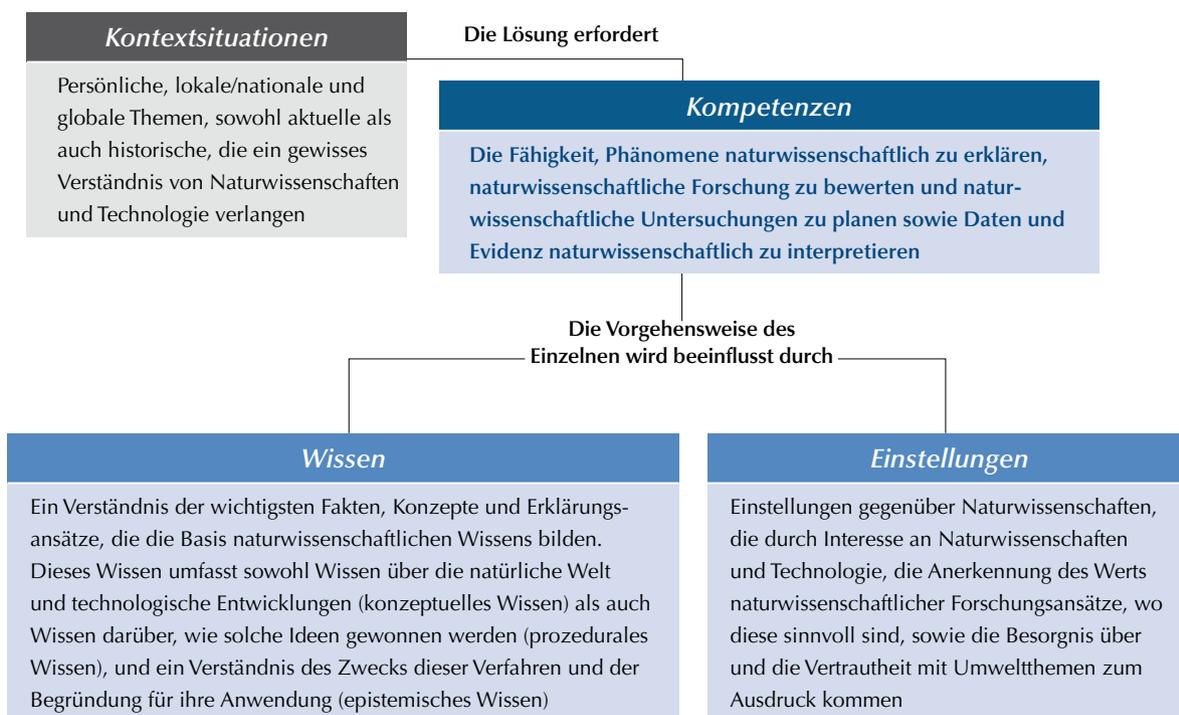


Abbildung I.2.2 ■ **Kategorien zur Beschreibung der für den Naturwissenschaftstest von PISA 2015 konstruierten Aufgaben**

Berichtskategorien			Weitere Kategorien zur Sicherung der Ausgewogenheit des Tests		
Naturwissenschaftliche Kompetenz	Wissensbereiche	Inhaltsbereiche	Antworttypen	Kognitive Anforderungen	Kontextsituationen
Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Physikalische Systeme	Multiple Choice, einfach	Niedrig	Persönlich
Naturwissenschaftlich Forschung bewerten und naturwissenschaftlich Untersuchungen planen	Prozedural ¹	Lebende Systeme	Multiple Choice, komplex	Mittel	Lokal/national
Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren	Epistemisch ¹	Erde und Weltraum	Offenes Antwortformat	Hoch	Global

1. Prozedurales Wissen und epistemisches Wissen sind in theoretischer Hinsicht zwar unterschiedliche Kategorien, werden jedoch zu einer Berichtskategorie zusammengefasst.

Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Gemäß der PISA-Definition ist eine Person, die über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügt, dazu in der Lage und bereit, sich argumentativ mit Naturwissenschaften und Technologie auseinanderzusetzen. Dies erfordert die Kompetenzen, um:

- **Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären** – Erklärungen für eine Reihe von natürlichen und technologischen Phänomenen erkennen, anbieten und bewerten,
- **naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen** – naturwissenschaftliche Untersuchungen beschreiben und bewerten und Wege vorschlagen, um Fragen naturwissenschaftlich anzugehen,
- **Daten und Evidenz naturwissenschaftlich zu interpretieren** – Daten, Behauptungen und Argumente in verschiedenen Darstellungen analysieren und bewerten und angemessene naturwissenschaftliche Schlüsse ziehen.



Die Tatsache, dass die drei naturwissenschaftlichen Kompetenzen ein zentrales Element der Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung sind, spiegelt die Auffassung wider, dass Naturwissenschaft am besten als eine allen Naturwissenschaften gemeinsame Gesamtheit von Praktiken zur Gewinnung, Bewertung und Erörterung von Wissen zu sehen ist. Vertrautheit mit diesen Praktiken ist Ausdruck einer größeren Kompetenz und unterscheidet erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Nachwuchskräften. Es wäre abwegig, von 15-jährigen Schülerinnen und Schülern zu erwarten, die fachliche Kompetenz eines erfahrenen Wissenschaftlers zu besitzen; von Schülerinnen und Schülern, die über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügen, kann jedoch erwartet werden, dass sie sich der Rolle und Bedeutung dieser Praktiken bewusst sind und ein Grundkompetenzniveau darin nachweisen.

Die Kompetenz „Phänomene naturwissenschaftlich erklären“, die als die Fähigkeit definiert wird, Erklärungen für eine Reihe von natürlichen und technologischen Phänomenen zu erkennen, anzubieten und zu bewerten, tritt zutage, wenn Schülerinnen und Schüler zweckdienliches naturwissenschaftliches Wissen abrufen und anwenden, Erklärungsmodelle und -darstellungen erkennen, nutzen und generieren, angemessene Vorhersagen treffen und begründen, Erklärungshypothesen anbieten und die möglichen Auswirkungen des naturwissenschaftlichen Wissens auf die Gesellschaft erklären.

Die Kompetenz „Naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen“ ist erforderlich, um Berichte über naturwissenschaftliche Ergebnisse und Untersuchungen kritisch zu evaluieren. Sie ist definiert als die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Untersuchungen zu beschreiben und zu bewerten und Wege vorzuschlagen, um Fragen naturwissenschaftlich anzugehen. Sie zeigt sich im Verhalten von Schülerinnen und Schülern, die folgende Schritte vollziehen: die Frage erkennen, die in einer bestimmten naturwissenschaftlichen Studie untersucht wird; die Fragen, die naturwissenschaftlich untersucht werden können, von Fragen unterscheiden, bei denen dies nicht der Fall ist; eine Möglichkeit vorschlagen, eine bestimmte Frage naturwissenschaftlich zu untersuchen sowie beschreiben und evaluieren, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Zuverlässigkeit der Daten sowie die Objektivität und Verallgemeinerbarkeit von Erklärungen gewährleisten.

Die Kompetenz „Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren“ ist definiert als die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Daten, Behauptungen und Argumente in verschiedenen Darstellungen zu analysieren und zu bewerten und angemessene Schlüsse zu ziehen. Schülerinnen und Schüler, die Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren können, können Daten von einer Darstellung in eine andere umwandeln; Daten analysieren und interpretieren und geeignete Schlüsse ziehen; die naturwissenschaftlichen Texten zugrunde liegenden Annahmen, Belege und Argumentationen erkennen; zwischen Argumenten unterscheiden, die auf naturwissenschaftlicher Evidenz und Theorie basieren, und denjenigen, die auf anderen Erwägungen basieren, sowie naturwissenschaftliche Argumente und Belege aus verschiedenen Quellen gegenüberstellen und bewerten.

Die 184 naturwissenschaftlichen Testitems – die Testmaterial für etwa sechs Stunden entsprechen –, auf denen der Naturwissenschaftstest von PISA 2015 basiert, können je nach Hauptanforderung der Aufgabe in Kategorien eingeordnet werden, die sich auf diese drei Kompetenzen beziehen. Von den naturwissenschaftlichen Items beziehen sich 48% (89 Items, die Testmaterial von fast drei Stunden entsprechen) hauptsächlich auf die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären, 21% (39 Items, die Testmaterial von knapp über einer Stunde entsprechen) auf die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen, und 30% (56 Items, die Testmaterial von fast zwei Stunden entsprechen) auf die Fähigkeit, Daten und Evidenz naturwissenschaftlich zu interpretieren (vgl. Anhang C2).

Wissenskategorien

Alle naturwissenschaftlichen Kompetenzen erfordern nicht nur ein gewisses Maß an konzeptuellem Wissen (Wissen über Theorien, Erklärungsideen, Informationen und Fakten), sondern auch ein Verständnis der Gewinnung dieses Wissens (prozedurales Wissen) und der Art dieses Wissens (epistemisches Wissen).

„Prozedurales Wissen“ bezieht sich auf Kenntnisse über die Konzepte und Verfahren, die für naturwissenschaftliche Untersuchungen von entscheidender Bedeutung sind und die die Erfassung, Analyse und Interpretation naturwissenschaftlicher Daten untermauern. In den Naturwissenschaften werden Phänomene der materiellen Welt erklärt, indem Hypothesen durch empirische Untersuchungen getestet werden. Empirische Untersuchungen stützen sich auf bestimmte Standardverfahren, um valide und verlässliche Daten zu erhalten. Die Schülerinnen und Schüler sollten diese Verfahren und die damit verbundenen Konzepte kennen, namentlich: das Konzept abhängiger und unabhängiger Variablen; die Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von Messungen (qualitative und quantitative, kategoriale und kontinuierliche); Möglichkeiten der Bewertung und Minimierung von Unsicherheit (wie beispielsweise die Wiederholung von Messungen); die Strategie der Kontrolle von Variablen und ihre Rolle beim Aufbau von Experimenten sowie die üblichen Formen der Datenpräsentation. Von den Schülerinnen und Schülern wird beispielsweise erwartet, dass sie sich der Tatsache bewusst sind, dass naturwissenschaftliches Wissen je nach Art und Quantität der im Zeitverlauf gesammelten empirischen Evidenz mit unterschiedlichen Sicherheitsniveaus verbunden ist.



„Epistemisches Wissen“ bezieht sich auf das Verständnis von Wesen und Entstehung naturwissenschaftlichen Wissens und spiegelt die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler wider, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu denken und Fragestellungen argumentativ anzugehen. Epistemisches Wissen ist erforderlich, um die Unterscheidung zwischen Beobachtungen, Fakten, Hypothesen, Modellen und Theorien zu verstehen, aber auch um zu verstehen, weshalb bestimmte Verfahren, wie beispielsweise Experimente, für die Wissensgewinnung von zentraler Bedeutung sind.

In PISA 2015 erfordern etwas mehr als die Hälfte aller naturwissenschaftlichen Items (98 von 184) hauptsächlich konzeptuelles Wissen, 60 erfordern prozedurales Wissen und 26 erfordern epistemisches Wissen.

Inhaltsbereiche

Wissen kann auch nach den wichtigen naturwissenschaftlichen Bereichen klassifiziert werden, denen es angehört. Die 15-jährigen Schülerinnen und Schüler sollten die wichtigsten Erklärungsideen und Theorien in den Bereichen Physik, Chemie, Biologie und Geowissenschaften verstehen und wissen, wie sie in Kontextsituationen angewendet werden, in denen die Wissens Elemente interdependent und interdisziplinär sind. Die in der Erhebung verwendeten Items werden in drei Inhaltsbereiche eingestuft: physikalische Systeme, lebende Systeme sowie Erde und Weltraum¹. Das Wissen, das 15-jährige Schülerinnen und Schüler erworben haben sollten, umfasst ein Verständnis des Teilchenmodells der Materie (physikalische Systeme), der Theorie der Evolution durch natürliche Auslese (lebende Systeme) und der Geschichte sowie des Umfangs des Universums (Erde und Weltraum). In PISA 2015 bezieht sich etwa ein Drittel aller naturwissenschaftlichen Items (61 von 184) auf physikalische Systeme, 74 beziehen sich auf lebende Systeme und die restlichen 49 auf Erde und Weltraum.

Kontext der Erhebungsitens

Die in der Bewertung der naturwissenschaftlichen Grundbildung 2015 als Stimuli und Items verwendeten realitätsnahen Fragen können auch nach dem Kontext klassifiziert werden, in dem sie auftreten. Die allgemeinen Lebensbereiche, in denen die Testaufgaben auftreten können, sind in drei Kontextkategorien aufgeteilt: „persönlich“, d.h. Kontextsituationen im Alltagsleben von Schülerinnen und Schülern und Familien, „lokal/national“, d.h. Kontextsituationen im sozialen Umfeld der Schülerinnen und Schüler sowie „global“, d.h. Kontextsituationen, die auf globaler Ebene definiert werden. Ein Item, das sich auf eine Fragestellung im Bereich fossiler Energieträger bezieht, kann beispielsweise als persönlich eingestuft werden, wenn es energiesparendes Verhalten untersucht, als lokal/national, wenn es die Umweltauswirkungen auf die Luftqualität behandelt, und als global, wenn es den Zusammenhang zwischen dem Verbrauch fossiler Energieträger und der Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre untersucht.

Der Naturwissenschaftstest von PISA 2015 ist keine Erhebung über bestimmte Kontextsituationen; die Kontextsituationen werden vielmehr verwendet, um bestimmte naturwissenschaftliche Aufgaben zu formulieren. Deshalb wurde ein breiter Fächer persönlicher, lokaler/nationaler und globaler Kontextsituationen in die Erhebung aufgenommen.

Einstellungen

Die Einstellungen und Überzeugungen der Menschen spielen eine wichtige Rolle für ihr Interesse an, ihre Aufmerksamkeit für und ihre Reaktion auf Naturwissenschaften und Technik. Die PISA-Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung berücksichtigt, dass die Antwort einer Schülerin/eines Schülers auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung mehr als Fähigkeiten und Wissen erfordert; sie hängt auch davon ab, wie fachgemäß und „bereitwillig“ sich die Schülerin/der Schüler mit der Frage auseinandersetzt. In PISA 2015 wurden die Einstellungen, Überzeugungen und Werte der Schülerinnen und Schüler anhand von Antworten auf Fragen im Schülerfragebogen und nicht anhand ihrer Ergebnisse bei Testitems untersucht. Es besteht ein großer Unterschied zwischen den Einstellungen gegenüber den Naturwissenschaften (z.B. Interesse an verschiedenen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen) und naturwissenschaftlichen Einstellungen. Die erstgenannte Kategorie von Einstellungen wird im nächsten Kapitel ausführlicher behandelt. Die Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf das naturwissenschaftliche Wissen und den Wissenserwerb (epistemische Überzeugungen), aus denen hervorgeht, ob die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Forschungsansätze schätzen, und die Teil der letztgenannten Kategorie von Einstellungen sind, werden am Ende dieses Kapitels analysiert.

Computergestützter Naturwissenschaftstest

Die computergestützte PISA-Erhebung 2015 hat es ermöglicht, den Erhebungsumfang des Naturwissenschaftstests von PISA im Vergleich zu früheren papiergestützten Versionen der PISA-Tests zu erweitern. So wurde in PISA 2015 beispielsweise zum ersten Mal die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler geprüft, naturwissenschaftliche Forschung durchzuführen, indem sie aufgefordert wurden, (simulierte) Experimente auszuarbeiten und die daraus resultierende Evidenz zu interpretieren. Dies wurde ermöglicht durch den Einsatz von interaktiven Präsentationen, bei denen die Vorgehensweise der Schülerinnen und Schüler bestimmte, was auf dem Bildschirm angezeigt wurde. In der Haupterhebung waren 24 Items (rd. 13%) interaktiv, sie wurden jedoch vertraulich behandelt, so dass sie in künftigen Erhebungen verwendet werden können, um Trends zu messen.



Die in PISA 2015 verwendete Feldtesteinheit LAUFEN BEI HITZE, die online unter www.oecd.org/pisa verfügbar und in Anhang C1 beschrieben ist, veranschaulicht, wie interaktive naturwissenschaftliche Items funktionieren. Darin werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, Daten über Wasserverlust und Körpertemperatur eines Läufers nach einem einstündigen Lauf unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu erfassen. Nach Einstellung der auf dem Bildschirm angezeigten Schieberegler auf das gewünschte Temperatur- und Feuchtigkeitsniveau können die Schülerinnen und Schüler eine oder mehrere Simulationen ausführen, deren Ergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden und die verwendet werden müssen, um die Fragen in dieser Einheit zu beantworten.

Die auf interaktiven Präsentationen basierenden Fragen können sich auf die Fähigkeit, Daten und Evidenz naturwissenschaftlich zu interpretieren (z.B. Frage 1 in LAUFEN BEI HITZE), auf die Fähigkeit, Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären (z.B. Frage 2) oder auf die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen (z.B. Frage 3) konzentrieren, und sie können sich auf alle Inhaltsbereiche und Wissensarten beziehen. Die relative Schwierigkeit oder Komplexität einer bestimmten Frage hing nicht davon ab, ob das Item interaktiv oder statisch präsentiert wurde.

Die computergestützte Präsentation der Testitems hat es außerdem ermöglicht, eine größere Vielfalt von Kontextsituationen in die Erhebung aufzunehmen und Situationen, die Bewegung und Veränderung implizieren (z.B. chemische Reaktionen) durch Animationen auf realistischere und motivierendere Art und Weise zu vermitteln.

Im Naturwissenschaftstest verwendete Antworttypen

Im Naturwissenschaftstest von PISA 2015 wurden drei große Kategorien von Antwortformaten verwendet: einfache Multiple-Choice-Aufgaben, komplexe Multiple-Choice-Aufgaben und offenes Antwortformat. Im computergestützten Naturwissenschaftstest wurden in jeder Kategorie zusätzlich zu den auch in den papiergestützten Tests verwendeten Formaten neue Antwortformate eingesetzt. Die Items können ungefähr zu jeweils einem Drittel in die einzelnen Kategorien eingestuft werden:

- einfache Multiple-Choice-Aufgaben: Die Items erfordern
 - die Auswahl einer Antwort aus vier Optionen
 - die Auswahl eines „Hotspot“, d.h. einer Antwort, die in einer Grafik oder einem Text als auswählbares Element aufgeführt ist
- komplexe Multiple-Choice-Aufgaben: Die Items erfordern
 - Antworten auf eine Reihe von zusammenhängenden „Ja/Nein“-Fragen, die als Einzelitem bewertet werden (das typische Format in der Erhebung von 2006)
 - die Auswahl von mehr als einer Antwort aus einer Liste
 - die Vervollständigung eines Satzes durch Auswahl aus einem Drop-down-Menü, um mehrere Leerstellen zu füllen
 - „Drag-and-Drop“-Antworten, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, Elemente auf einem Bildschirm zu bewegen, um eine Aufgabe zu lösen, die Zuordnung, das Einordnen in die richtige Reihenfolge oder das Anlegen von Kategorien erfordert
- offenes Antwortformat: Die Items erfordern schriftliche Antworten oder Zeichnungen. Die naturwissenschaftlichen Items mit offenem Antwortformat erfordern normalerweise eine schriftliche Antwort, die von einem Satz bis zu einem kurzen Absatz reicht (z.B. eine Erläuterung von zwei bis vier Sätzen). Eine geringe Anzahl von Items mit offenem Antwortformat erfordert eine Zeichnung (z.B. einen Graph oder ein Diagramm). In einer computergestützten Erhebung werden solche Items durch einfache Zeichnungsapplikationen unterstützt, die speziell auf die erforderliche Antwort ausgerichtet sind. Solche Antworten lassen sich im Allgemeinen nicht maschinell kodieren; vielmehr verlangen sie eine fachliche Bewertung durch eigens hierfür ausgebildete Kodierungsexperten, um die Antworten den definierten Antwortkategorien zuzuordnen. Damit sichergestellt war, dass der Kodierungsprozess verlässliche und zwischen den einzelnen Ländern vergleichbare Ergebnisse lieferte, wurden detaillierte Kodieranweisungen erstellt und die Kodierungsexperten entsprechend geschult. Sämtliche Verfahren zur Sicherung der Konsistenz des Kodierungsprozesses innerhalb und zwischen den Ländern sind im *PISA 2015 Technical Report* dargelegt (OECD, erscheint demnächst).

Kognitive Anforderung der Items

Ein neues Merkmal des Naturwissenschaftstests von PISA 2015 war der explizite Versuch, in allen drei Arten von naturwissenschaftlichen Kompetenzen und Kenntnissen verschiedene Ebenen kognitiver Anforderung zu erfassen. Kognitive Anforderung, die auch als „Wissenstiefe“ bezeichnet wird, bezieht sich auf die Art der mentalen Prozesse, die erforderlich sind, um ein Item zu bearbeiten. Sie hat einen größeren Einfluss auf den Schwierigkeitsgrad eines Items als das Antwortformat oder die Vertrautheit einer Schülerin/eines Schülers mit dem zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Inhalt.



Die kognitive Anforderung – und folglich die Schwierigkeit – der Items wird durch vier Faktoren beeinflusst:

- die Anzahl und der Komplexitätsgrad der Wissens Elemente, die das Item aufweist
- die Vertrautheit und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das relevante konzeptuelle, prozedurale und epistemische Wissen
- die für die Bearbeitung des Items erforderliche kognitive Operation, z.B. Erinnern, Analyse und/oder Bewertung
- das Ausmaß, in dem die Formulierung einer Antwort von Modellen oder abstrakten naturwissenschaftlichen Ideen abhängt.

Um einen ausgewogenen Naturwissenschaftstest zu gewährleisten, werden drei Ebenen kognitiver Anforderung identifiziert:

- **Geringe Wissenstiefe:** Items, die von der Schülerin/dem Schüler verlangen, ein einstufiges Verfahren durchzuführen, beispielsweise sich an einzelne Fakten, einen Begriff, ein Prinzip oder ein Konzept zu erinnern oder eine Einzelinformation in einem Graphen oder einer Tabelle zu lokalisieren.
- **Mittlere Wissenstiefe:** Items, die von der Schülerin/dem Schüler verlangen, konzeptuelles Wissen einzusetzen und anzuwenden, um Phänomene zu beschreiben oder zu erklären, geeignete Verfahren auszuwählen, die zwei oder mehr Schritte erfordern, Daten zu organisieren bzw. darzustellen oder einfache Datensätze und Graphen zu interpretieren und zu nutzen.
- **Große Wissenstiefe:** Items, die von der Schülerin/dem Schüler verlangen, komplexe Informationen oder Daten zu analysieren, Evidenz zusammenzufassen oder zu bewerten, Behauptungen zu begründen, zu argumentieren (auf Basis verschiedener Quellen) oder einen Plan zur Lösung eines Problems zu entwickeln.

Von den 184 Items im Naturwissenschaftstest von PISA 2015 werden 56 (rd. 30%) in die Kategorie „geringe Wissenstiefe“, 15 (rd. 8%) in die Kategorie „große Wissenstiefe“ und die Mehrheit (113 Items, rd. 61%) in die Kategorie „mittlere Wissenstiefe“ eingestuft.

Beispielaufgaben zur Beschreibung der verschiedenen Kategorien

In Abbildung I.2.3 ist zusammengefasst, wie die Beispielaufgaben aus der Haupterhebung von PISA 2015 (näher beschrieben in Anhang C1 und online verfügbar unter www.oecd.org/pisa) eingestuft werden.

Abbildung I.2.3 ■ **Klassifizierung der Beispielaufgaben**
Nach Kompetenz, Wissens- und Inhaltskategorie, Wissenstiefe, Antworttyp und Kontext

Testeinheit/Frage	Naturwissenschaftliche Kompetenz	Wissensbereich	Inhaltsbereich	Kognitive Anforderungen	Antworttyp	Kontext
NACHHALTIGE FISCHZUCHT, Frage 1	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Lebende Systeme	Mittel	Multiple Choice, komplex	Lokal/national
NACHHALTIGE FISCHZUCHT, Frage 2	Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren	Konzeptuell	Lebende Systeme	Niedrig	Multiple Choice, einfach	Lokal/national
NACHHALTIGE FISCHZUCHT, Frage 3	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Physikal. Systeme	Niedrig	Multiple Choice, einfach	Lokal/national
UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN, Frage 1	Naturwissensch. Forschung bewerten und naturwissensch. Untersuchungen planen	Epistemisch	Erde und Weltraum	Mittel	Offenes Antwortformat	Lokal/national
UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN, Frage 3	Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren	Epistemisch	Erde und Weltraum	Hoch	Offenes Antwortformat	Lokal/national
METEOROIDEN UND KRATER, Frage 1	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Physikal. Systeme	Niedrig	Multiple Choice, einfach	Global
METEOROIDEN UND KRATER, Frage 2	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Erde und Weltraum	Niedrig	Multiple Choice, komplex	Global
METEOROIDEN UND KRATER, Frage 3A	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Erde und Weltraum	Niedrig	Multiple Choice, komplex	Global
METEOROIDEN UND KRATER, Frage 3B	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Erde und Weltraum	Mittel	Multiple Choice, komplex	Global
VOGELZUG, Frage 1	Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Konzeptuell	Lebende Systeme	Mittel	Multiple Choice, einfach	Global
VOGELZUG, Frage 2	Naturwissensch. Forschung bewerten und naturwissensch. Untersuchungen planen	Prozedural	Lebende Systeme	Hoch	Offenes Antwortformat	Global
VOGELZUG, Frage 3	Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren	Prozedural	Lebende Systeme	Mittel	Multiple Choice, komplex	Global



DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE VON PISA 2015 IM BEREICH NATURWISSENSCHAFTEN

In 57 Ländern und Volkswirtschaften, einschließlich aller OECD-Länder, wurde der PISA-Test von 2015 an Computern durchgeführt. Die papiergestützte Form wurde in 15 Ländern bzw. Volkswirtschaften sowie in Puerto Rico, einem nicht inkorporierten Gebiet der Vereinigten Staaten, verwendet. Die Länder bzw. Volkswirtschaften, die 2015 den Papier- und Bleistift-Test durchführten, sind: Albanien, Algerien, Argentinien, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien (im Folgenden „ejR Mazedonien“), Georgien, Indonesien, Jordanien, Kasachstan, Kosovo, der Libanon, Malta, Moldau, Rumänien, Trinidad und Tobago sowie Vietnam. Nur der computergestützte Test erfasst die neuen Aspekte des Rahmenkonzepts Naturwissenschaften für PISA 2015 vollständig. Beim papiergestützten Test wurden nur Items verwendet, die in früheren Zyklen entwickelt wurden; dies entsprach ungefähr der Hälfte der in den computergestützten Tests verwendeten Items. Dennoch wurden für beide Gruppen von Ländern bzw. Volkswirtschaften, die an PISA 2015 teilnahmen, dieselben Verfahren zur Testausarbeitung sowie zur Analyse und Skalierung der Schülerantworten eingesetzt. Und auch wenn im Bereich Naturwissenschaften keine Äquivalenz zwischen den beiden Testmodi herrscht, sind die Ergebnisse des papiergestützten und des computergestützten Tests von 2015 doch durch in beiden Tests verwendete Items miteinander verknüpft. Die Ergebnisse beider Tests werden auf derselben Skala dargestellt wie die Ergebnisse der früheren Erhebungen, so dass unmittelbare Vergleiche aller Länder zwischen beiden Testmodi und im Zeitverlauf möglich sind (vgl. Kasten I.2.3)².

Gestaltung, Analyse und Skalierung des Naturwissenschaftstests von PISA 2015

In diesem Abschnitt werden die Testausarbeitungs- und Skalierungsverfahren zusammengefasst, mit denen die Vergleichbarkeit der Ergebnisse des PISA-Tests von 2015 zwischen den einzelnen Ländern und mit den Ergebnissen früherer PISA-Erhebungen sichergestellt wurde. Diese Verfahren sind im *PISA 2015 Technical Report* (OECD, erscheint demnächst) ausführlicher beschrieben. Die Ausarbeitung und die Auswahl der Testfragen folgten zwar weitgehend den in früheren PISA-Erhebungen etablierten Verfahren, an den Verwaltungsverfahren (einschließlich des Schritts vom papiergestützten zum computergestützten Test und einer verbesserten Gestaltung der Testformulare) sowie den Skalierungsverfahren wurden jedoch mehrere Änderungen vorgenommen. Die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Vergleiche der Schülerleistungen im Zeitverlauf werden in Kasten I.2.3 und Anhang A5 ausführlicher erörtert.

Ausarbeitung und Auswahl der Testfragen

Das Testmaterial musste mehreren Anforderungen genügen:

- Die Testitems mussten den Anforderungen und Spezifikationen des von den Teilnehmerländern und -volkswirtschaften festgelegten und vereinbarten Rahmenkonzepts für PISA 2015 entsprechen. Sie mussten in Bezug auf Inhalt, kognitive Anforderungen und Kontext als geeignet zur Prüfung der Fähigkeiten von 15-Jährigen erscheinen.
- Die Items mussten mit dem Lehrplan der 15-Jährigen in den Teilnehmerländern und -volkswirtschaften in Bezug stehen und im jeweiligen kulturellen Kontext angemessen sein. Es ist unvermeidlich, dass nicht alle Aufgaben der PISA-Erhebung in verschiedenen kulturellen Kontextsituationen gleichermaßen geeignet und gleichermaßen gut an verschiedene Lehrplan- und Unterrichtskonfigurationen angepasst sind. Im Rahmen von PISA wurden jedoch Experten aus allen Teilnehmerländern gebeten, die PISA-Aufgaben zu identifizieren, die sie als am geeignetsten für einen internationalen Test betrachteten, und diese Bewertungen wurden bei der Auswahl der Items für die Erhebung berücksichtigt.
- Die Items mussten strengen technischen Standards und Anforderungen hinsichtlich der internationalen Vergleichbarkeit genügen. Insbesondere durch die professionelle Übersetzung und Überprüfung der Items sowie einen intensiven Feldtest wurde die linguistische Äquivalenz der Testfragen in den über siebenzig Sprachen sichergestellt, in denen PISA 2015 durchgeführt wurde. Der Feldtest diente zudem dazu, die psychometrische Äquivalenz der Instrumente zu überprüfen, die vor der Skalierung der Ergebnisse in der Haupterhebung weiter untersucht wurde (vgl. Anhang A5).
- Eine ausreichende Zahl von Items aus früheren Erhebungen musste berücksichtigt werden, um Vergleiche mit früheren PISA-Runden zu ermöglichen und Leistungstrends weiter zu messen.

Die Aufgaben für den Naturwissenschaftstest wurden aus einem Pool mit verschiedenstem Testmaterial zahlreicher Autoren aus unterschiedlichen Kulturen und Ländern ausgewählt.

Knapp 50% der in PISA 2015 verwendeten Naturwissenschaftsaufgaben wurden ursprünglich für den papiergestützten Naturwissenschaftstest in der 2006 durchgeführten PISA-Erhebung ausgearbeitet und anschließend streng vertraulich verwahrt. Diese „Trendeinheiten“ bieten die Grundlage für die Messung von Veränderungen bei den Schülerleistungen im Zeitverlauf sowie für die Verknüpfung der Gesamtskala Naturwissenschaften von PISA 2015 mit der bereits existierenden PISA-Naturwissenschaftsskala. Alle in PISA 2015 verwendeten Trenditems mussten für die Bearbeitung am Computer angepasst werden



(vgl. auch *PISA 2015 Technical Report*, OECD, erscheint demnächst, Kapitel 2). Die Äquivalenz zwischen den papiergestützten und den computergestützten Versionen der Trenditems, die zur Messung der Schülerleistungen in Naturwissenschaften, Lesekompetenz und Mathematik verwendet wurden, wurde im Rahmen eines umfassenden Feldtests anhand einer heterogenen Schülerpopulation aus allen Ländern geprüft, die an PISA 2015 teilnahmen. Die Auswahl der Items und die Skalierung der Schülerantworten für die PISA-Erhebung 2015 beruhten auf den Ergebnissen dieses Modustests (vgl. Kasten I.2.3).

Etwas über die Hälfte der in der Erhebung verwendeten Items wurde für den computergestützten Test in PISA 2015 neu ausgearbeitet. Autoren aus 14 Ländern stellten unter Mitwirkung der Länderteams, von Mitgliedern der PISA-Expertengruppe Naturwissenschaften und des Internationalen PISA-Konsortiums Stimulusmaterialien und Aufgaben bereit, in denen sich Inhalte, Kontexte und Herangehensweisen ausdrückten, die für die Schülerinnen und Schüler in einer großen Zahl an PISA teilnehmender Länder bzw. Volkswirtschaften relevant waren. Die Formulierung und sonstigen Merkmale der Aufgaben wurden von Fachleuten geprüft, und anschließend wurden die Items im Feldversuch in Schulklassen mit 15-Jährigen getestet.

Die Aufgaben wurden in allen Ländern und Volkswirtschaften, die an der PISA-Erhebung 2015 teilnahmen, intensiv getestet. Naturwissenschaftsexperten aus allen Teilnehmerländern und -volkswirtschaften gaben detailliertes Feedback dazu, inwieweit die Aufgaben in Bezug auf ihre Lehrpläne relevant waren, wie geeignet sie für 15-Jährige erschienen und wie interessant sie für sie sein dürften. In jedem Stadium wurde erneut geprüft, welche Aufgaben aus dem Pool herausgenommen werden oder nochmals überarbeitet werden sollten und welche im Pool bleiben konnten. Zum Abschluss gab die internationale Expertengruppe Naturwissenschaften Empfehlungen dazu ab, welche Items in die bei der Haupterhebung eingesetzten Instrumente aufgenommen werden sollten. Der für die Haupterhebung ausgewählte endgültige Aufgabenpool wurde zudem von allen Ländern und Volkswirtschaften geprüft. Während dieser Prüfungen gaben die Länder und Volkswirtschaften Empfehlungen in Bezug auf folgende Aspekte ab: Eignung der Aufgaben zur Beurteilung der im Rahmenkonzept aufgezählten Kompetenzen, Angemessenheit der Aufgaben auf nationaler Ebene und Gesamtqualität der Erhebungsinstrumente, um sicherzustellen, dass sie dem höchstmöglichen Standard entsprachen. Bei dieser Auswahl wurde auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den verschiedenen im Rahmenkonzept Naturwissenschaften festgelegten Kategorien geachtet; wichtig war auch, dass der Pool Aufgaben jeden Schwierigkeitsgrads enthielt. So wurde gewährleistet, dass der Aufgabenpool die Messung der Schülerleistungen in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Kompetenzfeldern und Wissensbereichen und in einem breiten Spektrum von Inhaltskategorien sowie Schülerfähigkeiten ermöglichte (wegen näherer Einzelheiten vgl. *PISA 2015 Technical Report*, OECD, erscheint demnächst).

Die Testitems wurden im Allgemeinen innerhalb von „Testeinheiten“ (Units) entwickelt, die sich jeweils aus einem Stimulusmaterial sowie einer oder mehreren an dieses Material geknüpften Fragen zusammensetzen.

Insgesamt entsprechen die 184 Items, die für den Naturwissenschaftstest von PISA 2015 ausgearbeitet und ausgewählt wurden, sechs Stunden Testmaterial. Von diesen Items sind 85 Fragen (was rd. drei Stunden entspricht) Trendaufgaben, die bereits in früheren PISA-Erhebungen verwendet wurden, und bei 99 Fragen (weiteren drei Stunden) handelt es sich um neue naturwissenschaftliche Aufgaben. Die ursprünglich für die papiergestützten Tests entwickelten Trendaufgaben wurden für den in 57 Ländern und Volkswirtschaften durchgeführten computergestützten Test angepasst. In den Ländern bzw. Volkswirtschaften, die den PISA-Test von 2015 mit Papier und Bleistift durchführten, wurden sie in ihrer ursprünglichen papiergestützten Form berücksichtigt. Neue Aufgaben, die für den computergestützten Test ausgearbeitet wurden, wurden nur in den 57 Ländern in den Tests berücksichtigt, die den PISA-Test von 2015 am Computer durchführten.

Gestaltung der Testformulare

Um zu gewährleisten, dass die Tests ein breites Spektrum von Inhalten abdeckten, wurde der gesamte Aufgabenkatalog – da die Schülerinnen und Schüler nur eine begrenzte Zahl von Aufgaben bearbeiten konnten – auf eine Reihe von Testformularen mit überlappendem Inhalt aufgeteilt. Alle Schülerinnen und Schüler bearbeiteten somit jeweils nur einen Teil der Items, je nachdem welches Testformular ihnen nach dem Zufallsprinzip zugeteilt wurde. Alle Formulare enthielten eine einstündige Abfolge naturwissenschaftlicher Aufgaben, so dass alle Schülerinnen und Schüler an einem ca. einstündigen Test in Naturwissenschaften teilnahmen bzw. rd. 30 Items bearbeiteten.

Die Hälfte der Schülerinnen und Schüler bearbeitete den Test während der ersten Teststunde, und die andere Hälfte bearbeitete den Test nach einer kurzen Pause in der zweiten Teststunde. Während der anderen Teststunde bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler Aufgaben von einem oder zwei der folgenden Bereiche: Lesekompetenz, Mathematik und – in 50 Ländern und Volkswirtschaften – Problemlösen im Team, so dass alle Schülerinnen und Schüler zwei Stunden lang in zwei oder drei Bereichen, darunter Naturwissenschaften, getestet wurden. In 15 Ländern und Volkswirtschaften absolvierte ein Teil der Schülerinnen und Schüler in der PISA-Stichprobe nach der Bearbeitung des PISA-Haupttests sowie des Fragebogens zudem einen Test im Bereich Finanzielle Allgemeinbildung. Zahl und Abfolge der Testbereiche und der Aufgaben waren vom Testformular abhängig, das den Schülerinnen und Schülern nach dem Zufallsprinzip zugeteilt wurde.



Analyse und Skalierung der Schülerantworten

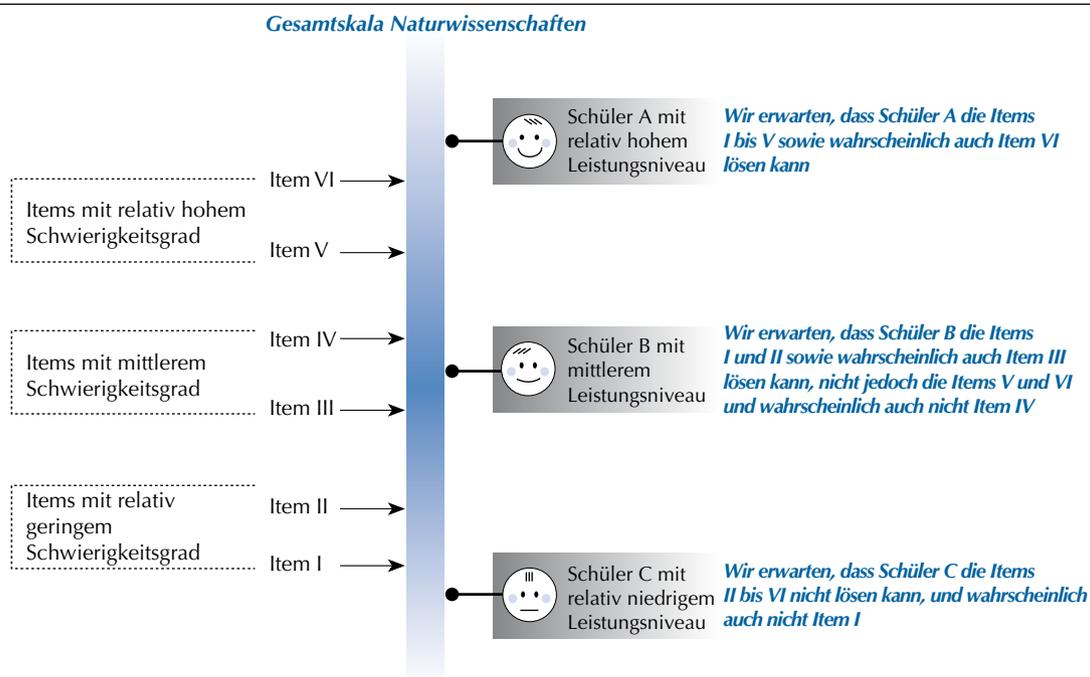
Auch wenn die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Aufgaben erhielten, ermöglichte es der Testaufbau, der auf der Gestaltung der vergangenen PISA-Erhebungen beruhte, eine kontinuierliche Leistungsskala für Naturwissenschaften zu konstruieren, auf der die Leistung jedes Testteilnehmers einem bestimmten Punkt zugeordnet werden konnte, der seiner geschätzten Kompetenz im Bereich Naturwissenschaften entspricht und die Wahrscheinlichkeit anzeigt, dass die Schülerinnen und Schüler eine bestimmte Frage korrekt beantworten (höhere Werte auf der Skala weisen auf ein höheres Kompetenzniveau hin). Eine Beschreibung des Modellierungsverfahrens, das zur Konstruktion dieser Skala verwendet wurde, findet sich im *PISA 2015 Technical Report* (OECD, erscheint demnächst).

Der relative Schwierigkeitsgrad einer Testaufgabe wurde am Prozentsatz der Testteilnehmer gemessen, die die einzelnen Aufgaben richtig beantworten. Der Schwierigkeitsgrad der Aufgabe wird auf derselben Skala wie das Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler dargestellt (höhere Werte entsprechen in diesem Fall schwierigeren Aufgaben). In PISA ist der Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe als der Punkt auf der Skala definiert, an dem eine Wahrscheinlichkeit von mindestens 62% besteht, dass Schülerinnen und Schüler, deren Leistungen auf oder über diesem Punkt liegen, diese Aufgabe korrekt lösen³. Der Zusammenhang zwischen dem Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben und der Leistung der Testteilnehmer kann somit auf einer einzigen kontinuierlichen Skala aufgezeigt werden (Abb. I.2.4). Durch die Konstruktion einer Skala, die den Schwierigkeitsgrad jeder Aufgabe anzeigt, ist es möglich, die Kompetenzstufe im Bereich Naturwissenschaften zu ermitteln, die einer bestimmten Aufgabe entspricht. Durch die Übertragung der Leistung der Testteilnehmer auf diese Skala ist es dann möglich, den Grad der naturwissenschaftlichen Grundbildung der Testteilnehmer zu beschreiben.

Ebenso, wie die Stichprobe der 2015 an PISA teilnehmenden Schülerinnen und Schüler so ausgewählt wurde, dass sie repräsentativ für alle 15-Jährigen in den Teilnehmerländern und -volkswirtschaften ist, wurden auch die einzelnen in der Erhebung verwendeten Aufgaben so gestaltet, dass sie repräsentativ für die oben beschriebene PISA-Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung sind. Im geschätzten Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler spiegelt sich die Art der Aufgaben wider, von denen anzunehmen ist, dass sie sie erfolgreich lösen können. Dies bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein dürften, Aufgaben bis zu dem Schwierigkeitsgrad zu lösen, der ihrer Position auf der Skala entspricht. Umgekehrt werden sie Aufgaben über dem Schwierigkeitsgrad, der ihrer Position auf der Skala entspricht, wahrscheinlich nicht lösen können.

Je weiter das Kompetenzniveau eines Schülers über dem Schwierigkeitsgrad einer gegebenen Aufgabe liegt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass er die Aufgabe (und andere Aufgaben mit ähnlichem Schwierigkeitsgrad) erfolgreich lösen kann. Je weiter das Kompetenzniveau eines Schülers unter dem Schwierigkeitsgrad einer gegebenen Aufgabe liegt, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass er die Aufgabe (und andere Aufgaben mit ähnlichem Schwierigkeitsgrad) erfolgreich lösen kann.

Abbildung I.2.4 ■ **Beziehung zwischen den Testaufgaben und der Position der Schüler auf der Leistungsskala**





Für PISA 2015 verwendete Vergleichsskalen

Im Rahmen von PISA 2015 wurde eine Gesamtskala Naturwissenschaften erstellt, die sich auf die Gesamtheit der im Rahmen der Erhebung gestellten Naturwissenschaftsaufgaben stützt; diese Gesamtskala wird (für die Länder und Volkswirtschaften, die den kompletten Katalog der Naturwissenschaftsitems von PISA 2015 verwendeten, d.h. diejenigen, die den PISA-Test von 2015 am Computer durchführten) durch Skalen für die drei naturwissenschaftlichen Kompetenzfelder, die drei Inhaltsbereiche und zwei der allgemeinen Kategorien von Wissensarten ergänzt, wie sie weiter oben in diesem Kapitel definiert wurden. (Für prozedurales und epistemisches Wissen wurde eine einzige Skala konstruiert, da es zu wenig Items aus dem Bereich epistemisches Wissen gab, um die Konstruktion einer kontinuierlichen Skala für epistemisches Wissen mit wünschenswerten Eigenschaften zu unterstützen⁴.) Das Maßsystem für die Gesamtskala Naturwissenschaften basiert auf einem mittleren Punktwert für die teilnehmenden OECD-Länder, der auf 500 gesetzt wurde, mit einer Standardabweichung von 100; diese Werte wurden bereits für PISA 2006 festgelegt, als die Gesamtskala Naturwissenschaften zum ersten Mal konstruiert wurde⁵. Die Items, die sowohl in PISA 2006 als auch in PISA 2015 verwendet wurden und bei denen sich zeigte, dass sie die naturwissenschaftlichen Kompetenzen im Papier- und im Computermodus vergleichbar messen, ermöglichen es, eine Verknüpfung mit der ersten Gesamtskala herzustellen. In Anhang A5 ist beschrieben, wie die Skala von PISA 2015 mit der Skala von PISA 2006 gleichgesetzt wurde.

Definition der Kompetenzstufen im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2015

Um leichter interpretieren zu können, was die Punktzahlen der Schülerinnen und Schüler konkret bedeuten, wurden die PISA-Skalen in Kompetenzstufen unterteilt. In PISA 2015 wird das Spektrum der verschiedenen Schwierigkeitsgrade der naturwissenschaftlichen Aufgaben durch sieben Kompetenzstufen in Naturwissenschaften dargestellt, von denen sechs den Kompetenzstufen entsprechen, die schon zur Beschreibung der Ergebnisse von PISA 2006 verwendet wurden (von der höchsten Stufe, Stufe 6, bis zu Stufe 1a, der früheren Stufe 1). Am unteren Ende der Skala wird eine neue Stufe 1b beschrieben, die auf einigen der einfachsten Aufgaben in der Erhebung beruht, um die Kenntnisse und Fertigkeiten einiger Schülerinnen und Schüler zu beschreiben, deren Leistungen unter Stufe 1a liegen (in früheren PISA-Berichten wurden diese Schülerinnen und Schüler zu denjenigen gezählt, deren Leistungen „unter Kompetenzstufe 1“ liegen).

Auf der Grundlage der kognitiven Anforderungen der Aufgaben, die auf den verschiedenen Stufen angesiedelt sind, wurden Beschreibungen dieser Kompetenzstufen erstellt. Dabei wurde definiert, welche Arten von Kenntnissen und Kompetenzen notwendig sind, um diese Aufgaben zu lösen. Schülerinnen und Schüler, deren Leistung im Bereich von Stufe 1b liegt, können Aufgaben der Kompetenzstufe 1b wahrscheinlich erfolgreich lösen, dürften jedoch nicht imstande sein, Aufgaben auf höheren Stufen zu lösen. Stufe 6 enthält Aufgaben, deren Lösung die größten Anforderungen an die naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler stellt. Schülerinnen und Schüler mit Punktzahlen in diesem Bereich dürften in der Lage sein, Aufgaben dieser Stufe ebenso wie alle anderen PISA-Naturwissenschaftsaufgaben erfolgreich zu lösen (wegen einer genaueren Beschreibung der Kompetenzstufen im Bereich Naturwissenschaften vgl. den folgenden Abschnitt).

Abbildung I.2.5 ■ **Übersicht ausgewählter Naturwissenschaftsaufgaben zur Veranschaulichung der Kompetenzstufen**

Stufe	Mindestpunktzahl	Testeinheit – Frage	Schwierigkeitsgrad der Frage (PISA-Punktzahl)
6	708	NACHHALTIGE FISCHZUCHT – Frage 1 (S601Q01)	740
5	633		
4	559	VOGELZUG – Frage 2 (S656Q02)	630
		UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN – Frage 3 (S637Q05)	589
		NACHHALTIGE FISCHZUCHT – Frage 3 (S601Q04)	585
		VOGELZUG – Frage 3 (S656Q04)	574
3	484	UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN – Frage 1 (S637Q01)	517
		VOGELZUG – Frage 1 (S656Q01)	501
2	410	METEOROIDEN UND KRATER – Frage 1 (S641Q01)	483
		NACHHALTIGE FISCHZUCHT – Frage 2 (S601Q02)	456
		METEOROIDEN UND KRATER – Frage 2 (S641Q02)	450
		METEOROIDEN UND KRATER – Frage 3B (S641Q04)	438
1a	335		
1b	261	METEOROIDEN UND KRATER – Frage 3A (S641Q03)	299



Abbildung I.2.5 gibt Auskunft darüber, wo einige der im Naturwissenschaftstest von PISA 2015 verwendeten Aufgaben auf der Gesamtskala Naturwissenschaften angesiedelt sind. Diese Items sind nur eine kleine Stichprobe aller in der Erhebung verwendeten Items und werden in Anhang C1 und online unter www.oecd.org/pisa ausführlicher dargestellt. Zwar befindet sich unter den in der Abbildung dargestellten freigegebenen Items aus der Haupterhebung kein Item der Stufe 1a bzw. der Stufe 5, unter den 184 in PISA 2015 verwendeten Naturwissenschaftsaufgaben entsprachen jedoch 10 Items der Stufe 1a und 20 Items der Stufe 5. Da die PISA-Erhebung regelmäßig durchgeführt wird, ist es nützlich, eine ausreichende Zahl von Aufgaben in den verschiedenen Erhebungsrunden wiederzuverwenden, um Trends zuverlässig ermitteln zu können.

Die Beschreibungen der Kompetenzstufen sind aktualisiert worden, um die neuen Kategorien im PISA-Rahmenkonzept 2015 und die große Zahl für PISA 2015 neu erstellter Aufgaben einzubeziehen. Streng genommen gelten die aktualisierten Beschreibungen nur für die Länder, die den PISA-Test von 2015 am Computer durchgeführt haben. Die Ergebnisse des in 15 Ländern bzw. Volkswirtschaften durchgeführten papiergestützten Tests können zwar auf derselben Skala wie die Ergebnisse des computergestützten Tests dargestellt werden, diese Länder verwendeten jedoch lediglich Items, die ursprünglich für PISA 2006 ausgearbeitet wurden.

Abbildung I.2.6 enthält eine Beschreibung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen, Kenntnisse und Verständniskapazitäten, die auf den einzelnen Stufen der Gesamtskala Naturwissenschaften erforderlich sind, und informiert über den durchschnittlichen Anteil der Schülerinnen und Schüler auf jeder dieser Kompetenzstufen in den OECD-Ländern.

Abbildung I.2.6 ■ **Kurzbeschreibung der sieben Kompetenzstufen in Naturwissenschaften in PISA 2015**

Stufe	Mindestpunktzahl	Anforderungen der Aufgaben
6	708	Auf Stufe 6 können Schüler auf miteinander verknüpfte wissenschaftliche Ideen und Konzepte aus den Bereichen Physik, Lebenswissenschaften, Geologie und Astronomie zurückgreifen und inhaltliches, prozedurales und epistemisches Wissen nutzen, um Erklärungshypothesen neuer naturwissenschaftlicher Phänomene, Ereignisse und Prozesse anzubieten oder Vorhersagen zu treffen. Bei der Interpretation von Daten und Befunden sind sie in der Lage, zwischen relevanten und irrelevanten Informationen zu unterscheiden, und sie können auf Wissen zurückgreifen, das außerhalb des normalen Lehrplans erworben wurde. Sie können zwischen Argumenten unterscheiden, die auf naturwissenschaftlicher Evidenz und Theorie beruhen, und denjenigen, die auf anderen Erwägungen basieren. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 6 liegen, können konkurrierende Gestaltungen komplexer Versuche, Feldstudien oder Simulationen evaluieren und ihre Entscheidungen begründen.
5	633	Auf Stufe 5 können Schüler abstrakte wissenschaftliche Ideen oder Konzepte verwenden, um unvertraute und komplexere Phänomene, Ereignisse und Prozesse zu erklären, die mehrere Kausalzusammenhänge umfassen. Sie sind in der Lage, differenzierteres epistemisches Wissen anzuwenden, um alternative Versuchsgestaltungen zu evaluieren und ihre Entscheidungen zu begründen, und theoretisches Wissen einzusetzen, um Informationen zu interpretieren oder Vorhersagen zu treffen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 5 liegen, können Möglichkeiten evaluieren, um eine gegebene Aufgabe naturwissenschaftlich zu untersuchen, und Einschränkungen bei der Interpretation von Datenreihen identifizieren, u.a. im Hinblick auf die Quellen und die Effekte der Unsicherheit wissenschaftlicher Erkenntnisse.
4	559	Auf Stufe 4 können Schüler komplexeres bzw. abstrakteres konzeptuelles Wissen einsetzen, das geliefert oder aus dem Gedächtnis abgerufen wird, um Erklärungen für komplexere bzw. weniger vertraute Ereignisse und Prozesse zu konstruieren. Sie können Versuche durchführen, die zwei oder mehr unabhängige Variablen in einem eingegrenzten Kontext beinhalten. Sie sind in der Lage, eine Versuchsgestaltung zu begründen, indem sie auf Elemente des prozeduralen und epistemischen Wissens zurückgreifen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 4 liegen, können Daten interpretieren, die aus einer moderat komplexen Datenreihe oder einem weniger vertrauten Kontext stammen, angemessene Schlussfolgerungen ziehen, die über die Daten hinausgehen, und ihre Entscheidungen begründen.
3	484	Auf Stufe 3 können Schüler auf moderat komplexes konzeptuelles Wissen zurückgreifen, um Erklärungen vertrauter Phänomene zu identifizieren oder zu konstruieren. In weniger vertrauten oder komplexeren Situationen können sie mit entsprechenden Hinweisen oder Unterstützung Erklärungen konstruieren. Sie können auf Elemente des prozeduralen oder epistemischen Wissens zurückgreifen, um einen einfachen Versuch in einem eingegrenzten Kontext durchzuführen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 3 liegen, sind in der Lage, zwischen wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Fragestellungen zu unterscheiden und Belege zu finden, die eine naturwissenschaftliche These untermauern.



Abbildung I.2.6 (Forts.) ■ **Kurzbeschreibung der sieben Kompetenzstufen in Naturwissenschaften in PISA 2015**

Stufe	Mindestpunktzahl	Anforderungen der Aufgaben
2	410	Auf Stufe 2 sind Schüler in der Lage, auf aus dem Alltag bekanntes konzeptuelles Wissen und grundlegendes prozedurales Wissen zurückzugreifen, um eine angemessene naturwissenschaftliche Erklärung zu erkennen, Daten zu interpretieren und die Frage zu identifizieren, auf die in einer einfachen Versuchsgestaltung eingegangen wird. Sie können grundlegendes bzw. aus dem Alltag bekanntes naturwissenschaftliches Wissen einsetzen, um aus einer einfachen Datenreihe eine gültige Schlussfolgerung zu ziehen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 2 liegen, stellen grundlegendes epistemisches Wissen unter Beweis, indem sie in der Lage sind, Fragen zu identifizieren, die naturwissenschaftlich untersucht werden können.
1a	335	Auf Stufe 1a sind Schüler in der Lage, grundlegendes oder aus dem Alltag bekanntes konzeptuelles und prozedurales Wissen zu nutzen, um Erläuterungen einfacher naturwissenschaftlicher Phänomene zu erkennen oder zu identifizieren. Mit Unterstützung können sie strukturierte naturwissenschaftliche Untersuchungen mit nicht mehr als zwei Variablen durchführen. Sie sind in der Lage, einfache Kausalzusammenhänge und Korrelationen zu identifizieren sowie grafische und visuelle Daten zu interpretieren, die ein geringes Niveau an kognitiven Fähigkeiten voraussetzen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 1a liegen, können die beste wissenschaftliche Erklärung für gegebene Daten in vertrauten persönlichen, lokalen und globalen Kontexten auswählen.
1b	261	Auf Stufe 1b können Schüler grundlegendes bzw. aus dem Alltag bekanntes naturwissenschaftliches Wissen einsetzen, um Aspekte vertrauter oder einfacher Phänomene zu erkennen. Sie sind in der Lage, einfache Datenstrukturen zu identifizieren, grundlegende naturwissenschaftliche Begriffe zu erkennen und expliziten Anweisungen zu folgen, um ein einfaches naturwissenschaftliches Verfahren durchzuführen.

KONTEXT DES VERGLEICHS DER SCHÜLERLEISTUNGEN IM BEREICH NATURWISSENSCHAFTEN IN VERSCHIEDENEN LÄNDERN UND VOLKSWIRTSCHAFTEN

Beim Vergleich der Naturwissenschaftsleistungen sowie der schulischen Leistungen insgesamt stellen sich zahlreiche Herausforderungen. Wenn Lehrkräfte in ihrer Klasse einen Naturwissenschaftstest durchführen, wird von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Fähigkeiten, Einstellungen und sozialen Hintergrundmerkmalen verlangt, dass sie dieselben Fragen beantworten. Wenn Bildungsexperten die Leistung verschiedener Schulen vergleichen, lassen sie in Schulen, die sich in Bezug auf den Aufbau und die zeitliche Abfolge ihrer Lehrpläne, die pädagogischen Schwerpunkte und die angewandten Unterrichtsmethoden sowie den demografischen und sozialen Hintergrund ihrer Schülerpopulation u.U. deutlich unterscheiden, denselben Test durchführen. Beim Vergleich der Leistung der Bildungssysteme verschiedener Länder wird das Ganze noch komplizierter, weil den Schülerinnen und Schülern Tests in verschiedenen Sprachen vorgelegt werden und weil der soziale, wirtschaftliche und kulturelle Kontext in den verglichenen Ländern häufig sehr unterschiedlich ist.

Der Kontext, in dem die Schülerinnen und Schüler lernen, kann sich je nach ihrem häuslichen Umfeld und der Schule, die sie besuchen, innerhalb der einzelnen Länder zwar stark unterscheiden, ihre Leistung wird jedoch anhand derselben Standards gemessen. So werden sie als Erwachsene später beispielsweise vor denselben Herausforderungen stehen und oftmals um dieselben Arbeitsplätze konkurrieren müssen. Ebenso kann der Bildungserfolg in einer globalisierten Wirtschaft nicht mehr nur nach nationalen Standards gemessen werden, sondern muss zunehmend im Vergleich zur Leistung der weltweit am besten abschneidenden Bildungssysteme gesehen werden. So schwierig internationale Vergleiche auch sein mögen, sind sie für Bildungsexperten doch von großer Bedeutung, weshalb im Rahmen von PISA erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um zu gewährleisten, dass die angestellten Vergleiche zuverlässig und fair sind.

In diesem Abschnitt werden die Naturwissenschaftsleistungen der Länder im Kontext wichtiger wirtschaftlicher, demografischer und sozialer Faktoren untersucht, die sich auf die Erhebungsergebnisse auswirken können. So wird ein Kontext für die Interpretation der an späterer Stelle in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse geschaffen.

Die strengen PISA-Standards für die Stichprobenauswahl begrenzen den möglichen Ausschluss von Schülerinnen und Schülern sowie Schulen und den Effekt der Nichtbeteiligung. Diese Standards werden angewandt, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse aller Länder, Volkswirtschaften und subnationalen Regionen, deren Stichproben international überprüft wurden, Schlussfolgerungen untermauern, die für die PISA-Zielpopulation (alle Schülerinnen und Schüler, die zu Beginn der Testperiode zwischen 15 Jahren und 3 [vollendeten] Monaten und 16 Jahren und 2 [vollendeten] Monaten alt waren und eine Bildungseinrichtung in einer adjudizierten Einheit in Klassenstufe 7 oder darüber besuchten) gültig sind.



Bei der Interpretation der PISA-Daten im Hinblick auf die Gesamtpopulation der 15-Jährigen muss der Erfassungsgrad der Stichprobe im Hinblick auf diese größere Population ermittelt werden. In den meisten OECD-Ländern und in zahlreichen Partnerländern und -volkswirtschaften ist die Zielpopulation für über 80% der geschätzten Zahl der 15-Jährigen in dem betreffenden Land repräsentativ, so dass die Ergebnisse mit einer gewissen Vorsicht, aber mit großer Sicherheit über die PISA-Zielpopulation hinaus auf alle 15-Jährigen ausgedehnt werden können. In einigen PISA-Teilnehmerländern hingegen, darunter die OECD-Länder Mexiko und Türkei, entfällt ein erheblicher Teil der PISA-Alterskohorte auf den Anteil der 15-Jährigen, die keine Schule besuchen, bzw. die Zahl der 15-Jährigen, die sich noch in der Primarschulbildung (Klassenstufe 6 oder darunter) befinden. Der in Kapitel 6 erörterte „Erfassungsindex 3“ liefert eine Schätzung des Anteils der durch PISA erfassten Alterskohorte. Er schwankt von 49% in Vietnam bis über 95% in Finnland, Deutschland, Irland, Malta, den Niederlanden, der Russischen Föderation, Singapur und der Schweiz (Tabelle I.6.1).

Die PISA-Ergebnisse sind zwar für die Zielpopulation in allen Ländern und Volkswirtschaften, deren Stichproben international überprüft wurden, darunter Vietnam, repräsentativ, sie können in Ländern, in denen zahlreiche junge Menschen keine Schule des Sekundarbereichs I oder des Sekundarbereichs II besuchen, jedoch nicht einfach im Hinblick auf die Gesamtpopulation der 15-Jährigen verallgemeinert werden. In Kapitel 6 werden die Unterschiede beim Erfassungsgrad in den einzelnen Ländern sowie den verschiedenen PISA-Erhebungsrunden ausführlich erörtert. Im vorliegenden Kapitel, ebenso wie in Kapitel 4 und 5 zu den Lese- bzw. den Mathematikleistungen, werden verschiedene Möglichkeiten dargelegt, um beim Vergleich der Ergebnisse zwischen den einzelnen Ländern und im Zeitverlauf den Anteil der nicht in der PISA-Stichprobe erfassten 15-Jährigen zu berücksichtigen.

Schwankungen beim Grad der Erfassung der Schülerpopulation sind nicht die einzigen Unterschiede, die beim Vergleich der Ergebnisse zwischen den einzelnen Ländern berücksichtigt werden müssen. Wie in Kapitel 6 erörtert, hat die finanzielle Situation einer Familie Einfluss auf die schulischen Leistungen ihrer Kinder; dieser Einfluss ist in den verschiedenen Ländern jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt. Desgleichen ist es einigen Ländern dank ihres relativen Wohlstands möglich, mehr für Bildung auszugeben, während die Möglichkeiten anderer Länder in diesem Bereich auf Grund ihres niedrigeren Nationaleinkommens begrenzt sind. Beim Vergleich der Leistung der Bildungssysteme verschiedener Länder ist es daher wichtig, deren Nationaleinkommen im Blick zu behalten.

In Abbildung I.2.7 wird die Relation zwischen dem Nationaleinkommen, gemessen am Pro-Kopf-BIP, und den durchschnittlichen Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften dargestellt⁶. Ferner zeigt die Abbildung eine Trendgerade⁷, die den Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-BIP und den durchschnittlichen Schülerleistungen in Naturwissenschaften zusammenfassend darstellt. Der Zusammenhang ist dergestalt, dass 36% der Varianz zwischen den mittleren Punktzahlen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf ihr Pro-Kopf-BIP zurückgeführt werden können (23% der Varianz im OECD-Raum). Länder mit höherem Nationaleinkommen haben somit einen relativen Vorteil, wenngleich die Abbildung keinen Aufschluss über den Kausalcharakter dieser Relation gibt. Dies sollte insbesondere bei der Interpretation des Leistungsniveaus von Ländern mit vergleichsweise niedrigem Nationaleinkommen, wie Moldau und Vietnam (bzw. Mexiko und der Türkei unter den OECD-Ländern), berücksichtigt werden. In Tabelle I.2.11 sind „bereinigte“ Ergebnisse dargestellt, die den Schülerleistungen entsprechen, die zu erwarten wären, wenn das jeweils betrachtete Land alle seine aktuellen Merkmale aufweisen würde, abgesehen davon, dass sein Pro-Kopf-BIP dem OECD-Durchschnitt entspräche.

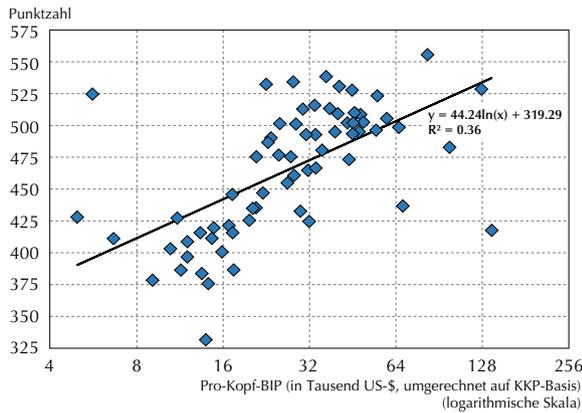
Das Pro-Kopf-BIP veranschaulicht zwar die potenziellen Ressourcen, die in den jeweiligen Ländern für die Bildung verfügbar sind, es gibt jedoch keinen direkten Aufschluss über den Umfang der finanziellen Ressourcen, die effektiv in die Bildung investiert werden. Abbildung I.2.8 vergleicht die effektiven Ausgaben, die die Länder im Durchschnitt je Schüler der Altersgruppe 6-15 Jahre tätigen, mit den durchschnittlichen Schülerleistungen in Naturwissenschaften⁸. Die Beträge sind in US-Dollar ausgedrückt, umgerechnet auf der Basis von Kaufkraftparitäten (KKP).

Abbildung I.2.8 ist zu entnehmen, dass ein positiver Zusammenhang zwischen den Ausgaben je Schüler und den Durchschnittsergebnissen in Naturwissenschaften besteht. Mit wachsenden Ausgaben je Schüler für Bildungseinrichtungen steigen auch die Durchschnittsergebnisse; die Zuwachsrate verlangsamt sich jedoch rasch, wie der auf der horizontalen Achse dargestellten logarithmischen Skala zu entnehmen ist. 54% der Varianz bei den Durchschnittsergebnissen der Länder und Volkswirtschaften (38% der Varianz im OECD-Raum) entfallen auf die Ausgaben je Schüler. Bei der Interpretation der Ergebnisse von Ländern wie Georgien und Peru (bzw. Mexiko und der Türkei unter den OECD-Ländern) muss deren relativ niedriges Ausgabenniveau je Schüler berücksichtigt werden. (Wegen näherer Einzelheiten vgl. Abb. II.6.2 in Band II.)

Zugleich legen die Abweichungen von der Trendgeraden den Schluss nahe, dass geringere Ausgaben je Schüler nicht automatisch zu einer schwächeren Leistung führen. Estland, wo sich die Ausgaben je Schüler auf rd. 66 000 US-\$ belaufen, und Chinesisch Taipeh, wo die Ausgaben je Schüler bei rd. 46 000 US-\$ liegen, erzielen beispielsweise höhere Ergebnisse als Österreich, Luxemburg, Norwegen und die Schweiz, die jeweils über das Doppelte dieser Beträge ausgeben (über 132 000 US-\$ je Schüler) (Tabelle I.2.11).

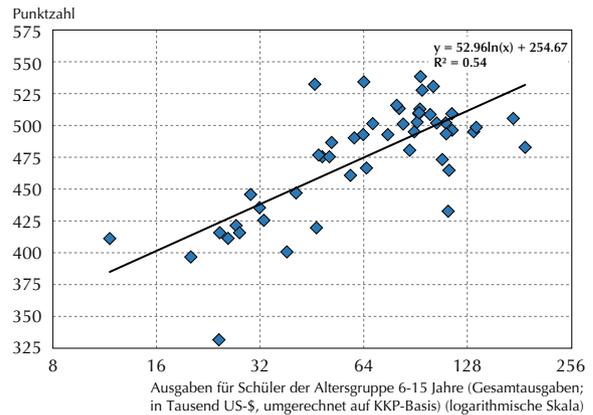


Abbildung I.2.7 ■ Leistungen in Naturwissenschaften und Pro-Kopf-BIP



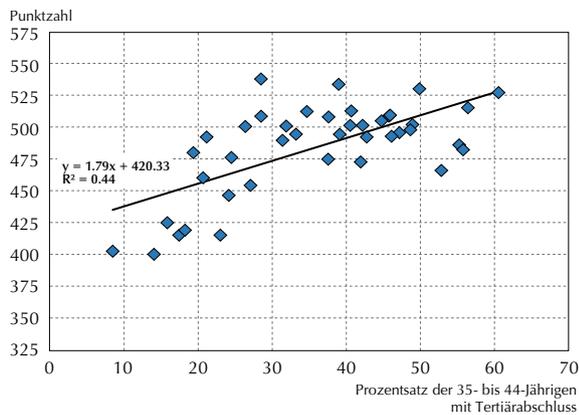
Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.11.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933431997>

Abbildung I.2.8 ■ Leistungen in Naturwissenschaften und Bildungsausgaben



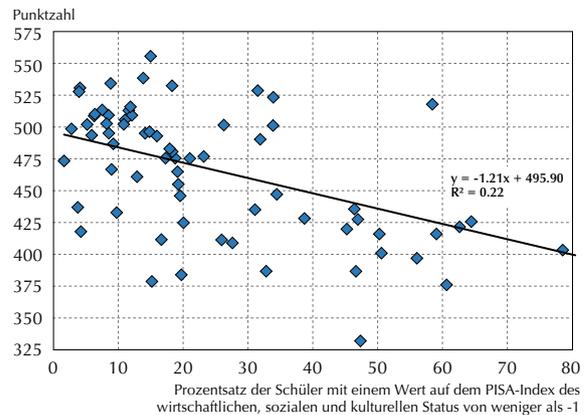
Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.11.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432004>

Abbildung I.2.9 ■ Leistungen in Naturwissenschaften und Bildungsniveau der Eltern



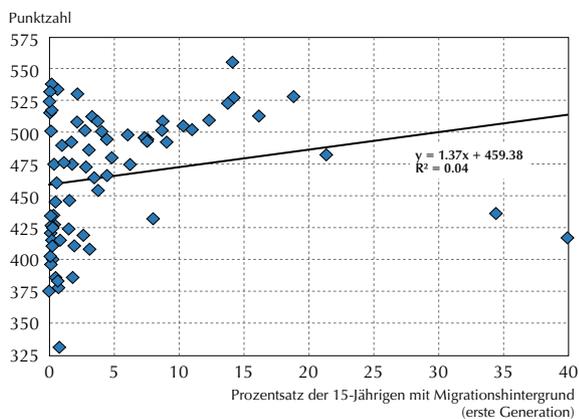
Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.11.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432016>

Abbildung I.2.10 ■ Leistungen in Naturwissenschaften und Prozentsatz der sozioökonomisch benachteiligten Schüler



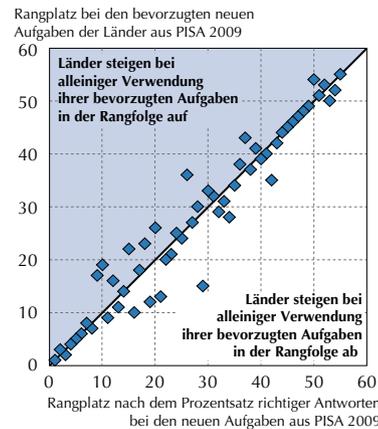
Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.11.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432020>

Abbildung I.2.11 ■ Leistungen in Naturwissenschaften und Prozentsatz der Schüler mit Migrationshintergrund



Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.11.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432033>

Abbildung I.2.12 ■ Äquivalenz der PISA-Ergebnisse in verschiedenen Kultur- und Sprachräumen



Quelle: OECD, PISA-2012-Datenbank, Tabelle I.2.28, PISA 2012 Ergebnisse, Band I, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.
 StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432042>



Angesichts des engen Zusammenhangs zwischen den Leistungen eines Schülers bzw. einer Schülerin und dem Bildungsabschluss seiner bzw. ihrer Eltern ist es auch wichtig, beim Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen OECD-Länder den Bildungsstand der Erwachsenenbevölkerung dieser Länder zu berücksichtigen. Länder, in denen das Bildungsniveau der Erwachsenenbevölkerung insgesamt höher ist, besitzen einen Vorteil gegenüber Ländern, in denen die Elternpopulation weniger gut gebildet ist. Abbildung I.2.9 zeigt den Anteil der Bevölkerung in der Altersgruppe 35-44 Jahre, der über einen tertiären Bildungsabschluss verfügt. Diese Gruppe entspricht ungefähr der Altersgruppe der Eltern der in PISA getesteten 15-Jährigen. 44% der Varianz bei den Durchschnittsergebnissen der Länder und Volkswirtschaften (29% der Varianz im OECD-Raum) lassen sich auf das Bildungsniveau der Eltern zurückführen.

Die sozioökonomische Heterogenität der Schülerpopulation stellt Lehrkräfte und Bildungssysteme vor eine weitere große Herausforderung. Wie in Kapitel 6 erläutert wird, dürften Lehrkräfte, die in sozioökonomischer Hinsicht benachteiligte Kinder unterrichten, vor größeren Schwierigkeiten stehen als solche, deren Schüler einen günstigeren Hintergrund haben. Desgleichen stehen Länder, in denen ein höherer Anteil der Kinder benachteiligt ist, vor größeren Herausforderungen als Länder, in denen der Anteil dieser Kinder in der Schülerpopulation geringer ist.

In Abbildung I.2.10 wird der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die am unteren Ende einer – in Kapitel 6 eingehender beschriebenen – internationalen Skala des wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Status der Schüler stehen, mit den Naturwissenschaftsleistungen in Relation gesetzt. Auf diesen Zusammenhang entfallen 22% der im Ländervergleich festzustellenden Leistungsvarianz (47% der Varianz im OECD-Raum). Im OECD-Raum gehören 64% der Schülerinnen und Schüler in der Türkei und 59% der Schülerinnen und Schüler in Mexiko zu der am stärksten benachteiligten Gruppe, ebenso wie 34% der Schülerinnen und Schüler in Chile und Portugal. Diese Länder sind mit wesentlich größeren Herausforderungen konfrontiert als z.B. Island und Norwegen, wo weniger als 3% der Schülerinnen und Schüler ähnlich benachteiligt sind (Tabelle I.2.11). In manchen Partnerländern sind diese Herausforderungen sogar noch größer: 80% der Schülerinnen und Schüler in Vietnam und 78% der Schülerinnen und Schüler in Indonesien sind sozioökonomisch benachteiligt.

Die Integration von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund stellt die Bildungssysteme ebenfalls vor Herausforderungen (Kapitel 7). Das Leistungsniveau von Schülern, die erst zu einem späteren Zeitpunkt in das Land gezogen sind, in dem sie an der PISA-Erhebung teilgenommen haben, kann nur teilweise dem Bildungssystem des Aufnahmelandes zugeschrieben werden. Abbildung I.2.11 stellt die Relation zwischen dem Prozentsatz der 15-Jährigen mit Migrationshintergrund (ohne zugewanderte Schüler der zweiten Generation, die in dem Land geboren und zur Schule gegangen sind, in dem sie an der PISA-Erhebung teilgenommen haben) und den Schülerleistungen dar. Der Zusammenhang ist positiv, was bedeutet, dass Länder mit einem großen Anteil an Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund der ersten Generation in der Tendenz überdurchschnittlich abschnitten; er ist jedoch schwach, was darauf schließen lässt, dass Unterschiede beim Anteil der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund bestenfalls nur einen kleinen Bruchteil der Varianz der Durchschnittsergebnisse zwischen den Ländern ausmachen können.

Bei der Untersuchung der Ergebnisse der einzelnen Länder in Tabelle I.2.11 zeigt sich deutlich, dass sich die Länder in Bezug auf ihren demografischen, sozialen und wirtschaftlichen Kontext unterscheiden. Diese Unterschiede müssen bei der Interpretation der PISA-Ergebnisse berücksichtigt werden. Allerdings sind die künftigen wirtschaftlichen und sozialen Aussichten der einzelnen Schülerinnen und Schüler ebenso wie der Länder von den Ergebnissen abhängig, die effektiv erreicht werden, und nicht von dem, was unter anderen sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen eventuell möglich gewesen wäre. Daher richtet sich das Augenmerk in diesem Band auf die Ergebnisse, die die Schülerinnen und Schüler, die Schulen und die Länder tatsächlich erzielt haben.

Selbst bei Berücksichtigung des demografischen, wirtschaftlichen und sozialen Kontexts der Bildungssysteme stellt sich immer noch die Frage, wie aussagekräftig ein internationaler Test sein kann, wenn sprachliche und kulturelle Unterschiede dazu führen, dass Fächer wie Sprachen, Mathematik oder Naturwissenschaften auf sehr unterschiedliche Weise unterrichtet und gelernt werden.

Es ist unvermeidlich, dass nicht alle Aufgaben der PISA-Erhebung in verschiedenen kulturellen Kontextsituationen gleichermaßen geeignet und gleichermaßen gut an verschiedene Lehrplan- und Unterrichtskonfigurationen angepasst sind. Um in dieser Frage zu mehr Klarheit zu gelangen, wurden alle Länder im Rahmen von PISA 2009 gebeten, aus den zur Verwendung in PISA 2009 neu entwickelten Aufgaben diejenigen zu identifizieren, die sie als am geeignetsten für einen internationalen Test betrachteten. Den Ländern wurde empfohlen, für jede Aufgabe eine Gesamtbewertung im Hinblick auf ihre Zweckmäßigkeit als „Vorbereitung für das Leben“, ihre Authentizität und ihre Relevanz für 15-Jährige abzugeben. Die Aufgaben, die von den einzelnen Ländern jeweils die höchste Bewertung erhielten, wurden als die bevorzugten PISA-Aufgaben dieser Länder bezeichnet. Anschließend wurden die Ergebnisse der Länder bei ihren bevorzugten Aufgaben bewertet und mit ihren Ergebnissen für den gesamten Katalog der neuen PISA-Aufgaben verglichen (Abb. I.2.12). Dabei zeigte sich deutlich, dass der Anteil der Aufgaben, den die Schülerinnen und Schüler eines Landes richtig beantworteten,



im Allgemeinen nicht wesentlich davon abhing, ob nur die bevorzugten Aufgaben des jeweiligen Landes oder der gesamte PISA-Aufgabenkatalog berücksichtigt wurde. Dies ist ein stichhaltiger Beweis dafür, dass sich die Ergebnisse der PISA-Erhebung nicht wesentlich ändern würden, wenn die Länder mehr Einfluss auf die Auswahl von Aufgaben hätten, die sie als „fairer“ für ihre Schülerpopulation betrachten.

SCHÜLERLEISTUNGEN AUF DER GESAMTSKALA NATURWISSENSCHAFTEN

Die PISA-Ergebnisse werden auf unterschiedliche Weise wiedergegeben. Die einfachste Methode, die Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften zusammenfassend darzustellen und die jeweiligen Positionen der Länder miteinander zu vergleichen, besteht darin, die Durchschnittsergebnisse der Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Ländern zu betrachten. Nach einem Überblick über die Durchschnittsergebnisse in Naturwissenschaften wird in diesem Abschnitt das Leistungsspektrum der Schülerinnen und Schüler in unterschiedlichen PISA-Teilnehmerländern und -volkswirtschaften im Detail beleuchtet. Dieses Spektrum wird unter Bezugnahme auf die oben definierten und anhand von Beispielaufgaben veranschaulichten Kompetenzstufen dargestellt.

Der Prozentsatz der Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Ländern und Volkswirtschaften, die eine jeweilige Kompetenzstufe erreichen, gibt Aufschluss darüber, wie gut Länder in der Lage sind, sich bei gleichzeitiger Förderung von Spitzenleistungen dem Problem der Leistungsschwäche zu stellen. Es ist besonders wichtig, mindestens Kompetenzstufe 2 zu erreichen, da Stufe 2 ein Grundkompetenzniveau repräsentiert, über das alle jungen Erwachsenen verfügen sollten, um in der Lage zu sein, weitere Lernangebote wahrzunehmen und uneingeschränkt am sozialen, wirtschaftlichen und politischen Leben einer modernen Gesellschaft teilzunehmen (OECD, 2016a; OECD, Hanushek und Woessmann, 2015).

In Naturwissenschaften entspricht der Unterschied zwischen Leistungen unter und Leistungen auf oder über Kompetenzstufe 2 einer qualitativen Unterscheidung zwischen der Fähigkeit, begrenztes naturwissenschaftliches Wissen nur in einem vertrauten Kontext anzuwenden (d.h. bekanntes Wissen) und der Fähigkeit, wenigstens ein Mindestmaß an selbstständigem Denken und Verständnis der grundlegenden Eigenschaften der Naturwissenschaften unter Beweis zu stellen, das die Schülerinnen und Schüler wiederum befähigt, sich als kritische und informierte Bürger mit naturwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen. Schülerinnen und Schüler mit Leistungen unter Stufe 2 verwechseln häufig die wesentlichen Elemente einer wissenschaftlichen Untersuchung, wählen unrichtige Informationen aus und können bei der Begründung ihrer Entscheidungen persönliche Meinungen und naturwissenschaftliche Fakten nicht auseinanderhalten. Demgegenüber können Schülerinnen und Schüler mit Leistungen auf Stufe 2 oder darüber die wesentlichen Elemente einer wissenschaftlichen Untersuchung identifizieren, einzelne naturwissenschaftliche Konzepte und Informationen im Zusammenhang mit einer bestimmten Situation nutzen und die Ergebnisse eines naturwissenschaftlichen Experiments, die in einer Tabelle angegeben sind, zur Begründung einer persönlichen Entscheidung heranziehen (OECD, 2007). Die Bildungssysteme sollten bemüht sein, jedem 15-Jährigen zumindest dieses Grundkompetenzniveau in Naturwissenschaften zu vermitteln. Der Prozentsatz der Schülerinnen und Schüler – und generell der 15-Jährigen –, die im PISA-Naturwissenschaftstest auf oder über Stufe 2 abschneiden, gibt Aufschluss über den Erfolg eines Landes bei der Erreichung dieses Ziels.

Durchschnittsergebnisse in Naturwissenschaften

2006 betrug die mittlere Punktzahl der heutigen 35 OECD-Länder 498 Punkte (Tabelle I.2.4a). In PISA 2015 war die mittlere Punktzahl in Naturwissenschaften für den OECD-Raum auf 493 Punkte gesunken (was angesichts des Linking-Fehlers zwischen den Skalen in PISA 2006 und PISA 2015 eine unbedeutende Veränderung darstellt; vgl. den Abschnitt zu den Trendentwicklungen weiter unten sowie Anhang A5). Dieser Wert ist in PISA 2015 der Vergleichsmaßstab für die Beurteilung der Schülerleistungen in Naturwissenschaften in den einzelnen Ländern. In Kasten I.2.1 ist dargelegt, wie die Punktzahldifferenzen in PISA im Hinblick auf die progressive Erarbeitung von Kompetenzen von einer Klassenstufe zur nächsten interpretiert werden können.

Bei einem Vergleich der mittleren Punktzahl zwischen den Ländern oder im Zeitverlauf sollten nur die Unterschiede berücksichtigt werden, die statistisch signifikant sind (Kasten I.2.2 beschreibt die unterschiedlichen Unsicherheitsfaktoren bezüglich der Ländermittelwerte und allgemein der auf PISA-Testergebnissen basierenden Statistiken). Abbildung I.2.13 zeigt den Mittelwert jedes Landes bzw. jeder Volkswirtschaft und gibt an, bei welchen Länder- und Volkswirtschaftspaaren die zwischen den Mittelwerten bestehenden Unterschiede statistisch signifikant sind. Jedem Land bzw. jeder Volkswirtschaft in der mittleren Spalte ist in der rechten Spalte eine Liste von Ländern und Volkswirtschaften zugeordnet, deren Mittelwerte nicht statistisch signifikant abweichen. In allen anderen Fällen schneidet Land/Volkswirtschaft A besser ab als Land/Volkswirtschaft B, wenn Land/Volkswirtschaft A in der mittleren Spalte über Land/Volkswirtschaft B angeordnet ist und schlechter, wenn Land/Volkswirtschaft A unter Land/Volkswirtschaft B angeordnet ist. Beispielsweise rangiert Singapur auf der PISA-Gesamtskala Naturwissenschaften an erster Stelle, doch kann Japan, das auf der Liste an zweiter Stelle erscheint, nicht mit Sicherheit von Estland und Chinesisch Taipeh unterschieden werden, die an dritter bzw. vierter Stelle stehen.



Kasten I.2.1 **Interpretation von Unterschieden bei den PISA-Ergebnissen: Wie groß ist die Kluft?**

Die PISA-Ergebnisse werden auf einer Skala wiedergegeben, deren Einheiten (anders als physikalische Größen wie Meter oder Gramm) keine konkrete Bedeutung haben, aber in Bezug auf die bei allen Testteilnehmern beobachtete Leistungsvarianz festgelegt werden. Theoretisch gibt es in PISA keine Mindest- oder Höchstpunktzahl, vielmehr sind die Ergebnisse skaliert, um ungefähr normale Verteilungen mit Mittelwerten von 500 und Standardabweichungen von 100 zu erhalten. Im Statistik-Jargon entspricht ein Ein-Punkte-Unterschied auf der PISA-Skala daher einer Effektstärke von 1% und ein 10-Punkte-Unterschied einer Effektstärke von 10%.

Eine natürlichere, wenn auch indirekte Form der Wiedergabe von Ergebnisunterschieden im PISA-Test besteht darin, die Testergebnisse in Klassenstufenäquivalenten auszudrücken: Welche Fortschritte erzielen 15-jährige Schülerinnen und Schüler beim Wechsel in die nächsthöhere Klassenstufe, in PISA-Punkten ausgedrückt?

Fünfehnjährige Schülerinnen und Schüler, die am PISA-Test teilnehmen, können auf eine, zwei oder mehr Klassenstufen verteilt sein. Auf der Basis dieser Variationsbreite wurde in vergangenen Berichten die durchschnittliche Punktzahldifferenz zwischen angrenzenden Klassenstufen in Ländern geschätzt, in denen eine beachtliche Zahl der 15-Jährigen auf mindestens zwei Klassenstufen verteilt ist. Bei diesen Schätzungen werden einige sozioökonomische und demografische Unterschiede berücksichtigt, die auch zwischen den Klassenstufen beobachtet werden (vgl. Tabelle A1.2 in OECD, 2013; 2011; 2007). Im Durchschnitt der Länder beträgt der Unterschied zwischen angrenzenden Klassenstufen etwa 40 Punkte.

Allerdings können Leistungsvergleiche unter gleichaltrigen Schülerinnen und Schülern in unterschiedlichen Klassenstufen nur unvollkommen beschreiben, wie viel Wissen und Kompetenzen Schülerinnen und Schüler in PISA-Punkten ausgedrückt in einem Schuljahr hinzugewinnen. Tatsächlich ist es so, dass sich die Schülerinnen und Schüler, die eine Klasse unter der für 15-Jährige üblichen Klassenstufe besuchen, in vielerlei Hinsicht von den gleichaltrigen Schülerinnen und Schülern in der Modalklassenstufe für 15-Jährige unterscheiden, was auch für die 15-Jährigen gilt, die eine höhere Klasse besuchen. Selbst Analysen, die Unterschieden beim sozioökonomischen und kulturellen Status, bei Geschlecht und Migrationshintergrund Rechnung tragen, können Differenzen bei der Motivation, den Erwartungen, dem Engagement und vielen anderen, nicht messbaren Faktoren, die Einfluss darauf haben, was Schülerinnen und Schüler wissen, in welcher Klassenstufe sie sind und wie gut bzw. schlecht sie in der PISA-Erhebung abschneiden, nur unvollkommen berücksichtigen.

Es gibt zwei Arten von Studien, die eine bessere Messung der Klassenstufenäquivalenz von PISA-Punktwerten ermöglichen: Langzeitstudien, die den schulischen Werdegang von Schülern weiterverfolgen und in denen dieselben Schülerinnen und Schüler, die am PISA-Test teilgenommen haben, im weiteren Verlauf ihrer Bildungslaufbahn erneut beurteilt werden, und Querschnittsstudien, die repräsentative Stichproben 15-jähriger Schülerinnen und Schüler in angrenzenden Altersgruppen und Klassenstufen vergleichen.

In Deutschland wurde dieselbe Kohorte von Neuntklässlern, die an der PISA-Studie 2003 teilgenommen hatte, im Rahmen einer Langzeitstudie, die den Werdegang von Schülern weiterverfolgte, ein Jahr später, als Zehntklässler erneut beurteilt. Die Vergleiche ergaben, dass sie in diesem Einjahreszeitraum (der einem höheren Alter und einer höheren Klassenstufe entspricht) im PISA-Mathematiktest im Durchschnitt etwa 25 Punkte mehr erzielt und sich in einem Naturwissenschaftstest um eine ähnliche Punktzahl (21 Punkte) gesteigert hatten (Prenzel et al., 2006).

In Kanada wurde die erste PISA-Kohorte, die im Jahr 2000 am PISA-Test Lesekompetenz teilgenommen hatte, im Rahmen der Erhebung Canadian Youth in Transition Survey (YITS) auf ihrem weiteren Bildungs- und Berufsweg begleitet. Die neuesten Daten stammen aus dem Jahr 2009, als diese jungen Erwachsenen 24 Jahre alt waren; sie enthielten auch eine Neuevaluierung der durchschnittlichen Punktzahl in Lesekompetenz. Die mittlere Punktzahl in Lesekompetenz unter 24-Jährigen lag 2009 bei 598, gegenüber 541, als dieselben Personen 15 Jahre alt waren und noch die Schule besuchten (OECD, 2012). Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in den in PISA getesteten Kompetenzen auch über das Alter von 15 Jahren hinaus weiter Fortschritte erzielen. Gleichzeitig muss stets bedacht werden, dass der PISA-Test die spezialisierteren Arten von Kenntnissen und Kompetenzen, die junge Erwachsene im Alter von 15-24 Jahren ebenfalls erwerben, nicht misst.

In Frankreich wurden 2012 im Rahmen einer nationalen Ergänzung zur PISA-Stichprobe zeitgleich mit den an der internationalen PISA-Erhebung teilnehmenden 15-jährigen Schülerinnen und Schülern 14-jährige Schülerinnen und Schüler in der 8. Klasse getestet. Der Vergleich der Leistungen 14-jähriger Schülerinnen und Schüler in der

...



8. Klasse (die Modalklassenstufe für 14-jährige Schülerinnen und Schüler in Frankreich) mit denen von Schülerinnen und Schülern im allgemeinbildenden Zweig in der 9. Klasse (15-jährige Schülerinnen und Schüler) ergibt eine Punktzahldifferenz in Mathematik von 44 Punkten (Keskpaik und Salles, 2013). Es handelt sich hierbei um einen oberen Wert für die durchschnittliche progressive Erarbeitung von Kompetenzen zwischen der 8. und 9. Klasse in Frankreich, da einige der 14-Jährigen, die zur Vergleichsstichprobe gehörten, die 8. Klasse wiederholten oder in der 9. Klasse in einen berufsvorbereitenden Zweig wechselten, wobei diese Schülerinnen und Schüler wahrscheinlich zu den leistungsschwächeren Schülern der Gruppe zählten.

Auf der Grundlage der in diesem Kasten zitierten PISA-basierten Evidenz sowie der allgemeineren Erkenntnis, dass die in den meisten nationalen und internationalen Tests zutage tretenden Lernfortschritte innerhalb eines Jahres ein Viertel bis ein Drittel einer Standardabweichung ausmachen (Woessmann, 2016), werden in diesem Bericht 30 PISA-Punkte mit etwa einem Schuljahr gleichgesetzt. Dieser Wert ist als Annäherungsgröße zu verstehen, die nationalen Schwankungen oder Unterschieden zwischen den Fächern nicht Rechnung trägt.

In Abbildung I.2.13 wurden die Länder und Volkswirtschaften in drei große Gruppen unterteilt: Länder und Volkswirtschaften, deren mittlere Punktzahl statistisch um den OECD-Mittelwert angesiedelt ist (mit einem dunkleren Blauton unterlegt), jene, deren mittlere Punktzahl über dem OECD-Mittelwert liegt (mit einem hellen Blauton unterlegt), und jene, deren mittlere Punktzahl sich unter dem OECD-Mittelwert befindet (mit einem mittleren Blauton unterlegt).

24 Länder und Volkswirtschaften erzielen in Naturwissenschaften über dem OECD-Durchschnitt liegende Leistungen. Ein Land, Singapur, übertrifft mit einer mittleren Punktzahl von 556 Punkten in Naturwissenschaften alle anderen Länder und Volkswirtschaften. Japan (538 Punkte) schneidet schlechter ab als Singapur, aber besser als alle anderen Länder, mit Ausnahme von Estland (534 Punkte) und Chinesisch Taipeh (532 Punkte), deren mittlere Punktzahlen sich nicht statistisch signifikant unterscheiden. Zusammen mit Japan und Estland sind Finnland (531 Punkte) und Kanada (528 Punkte) die vier leistungsstärksten OECD-Länder. Die mittleren Punktzahlen in Macau (China) (529 Punkte), Vietnam (525 Punkte), Hongkong (China) (523 Punkte) und Peking-Shanghai-Jiangsu-Guangdong (China) (im Folgenden „P-S-J-G (China)“) (518 Punkte) sowie in den OECD-Ländern Korea (516 Punkte), Neuseeland und Slowenien (jeweils 513 Punkte), Australien (510 Punkte), Deutschland, die Niederlande und Vereinigtes Königreich (jeweils 509 Punkte), die Schweiz (506 Punkte), Irland (503 Punkte), Belgien und Dänemark (jeweils 502 Punkte), Polen und Portugal (jeweils 501 Punkte), und Norwegen (498 Punkte) liegen ebenfalls über dem OECD-Durchschnitt.

Zu den Ländern, deren Ergebnisse in der Nähe des OECD-Durchschnitts angesiedelt sind, gehören Österreich, die Tschechische Republik, Frankreich, Lettland, Spanien, Schweden und die Vereinigten Staaten. Die Ergebnisse von 39 Teilnehmerländern und -volkswirtschaften liegen unter dem OECD-Durchschnitt.

Der Leistungsabstand zwischen den leistungsstärksten und leistungsschwächsten OECD-Ländern beträgt 123 Punkte. Während die durchschnittliche Punktzahl des leistungsstärksten OECD-Landes Japan (538 Punkte) um etwa eine halbe Standardabweichung über dem OECD-Durchschnitt liegt (was mehr als einem Schuljahr entspricht – vgl. Kasten I.2.1), liegt die durchschnittliche Punktzahl des leistungsschwächsten OECD-Landes Mexiko (416 Punkte) demnach um mehr als drei Viertel einer Standardabweichung unter dem OECD-Durchschnitt (was mehr als 2 Schuljahren entspricht). Allerdings sind die unter den Partnerländern und -volkswirtschaften beobachteten Leistungsunterschiede mit einer Punktzahldifferenz von 224 zwischen Singapur (556 Punkte) und der Dominikanischen Republik (332 Punkte) sogar noch größer.

Da die Angaben von Stichproben abgeleitet werden und aufgrund der den Schätzungen des Ländermittelwerts anhaftenden statistischen Unsicherheit ist es nicht möglich, den genauen Rangplatz eines Landes oder einer Volkswirtschaft unter allen Teilnehmerländern und -volkswirtschaften zu bestimmen. Mit 95%iger Sicherheit kann aber ein Spektrum der Rangplätze identifiziert werden, in dem das Leistungsniveau des Landes bzw. der Volkswirtschaft liegt (Abb. I.2.14). Dieses Spektrum der Rangplätze kann insbesondere in Ländern und Volkswirtschaften, deren Ergebnisse denen vieler anderer Länder und Volkswirtschaften entsprechen, breit sein. So rangieren beispielsweise die Vereinigten Staaten unter allen Ländern und Volkswirtschaften zwischen Rang 21 und Rang 31 (und nur auf den OECD-Raum bezogen zwischen Rang 15 und Rang 25).

Für subnationale Einheiten, deren Ergebnisse in Anhang B2 aufgeführt sind, wurde keine Rangordnung geschätzt; anhand der mittleren Punktzahl und des entsprechenden Konfidenzintervalls lassen sich die Ergebnisse aber mit denen von Ländern und Volkswirtschaften vergleichen. So weisen beispielsweise Alberta (Kanada) und British Columbia (Kanada) eine Punktzahl auf, die knapp unter der des besonders leistungsstarken Landes Singapur liegt und der von Japan entspricht.



Kasten 1.2.2 Wann ist ein Unterschied statistisch signifikant? Die drei statistischen Unsicherheitsfaktoren

Ein Unterschied wird als statistisch signifikant bezeichnet, wenn unwahrscheinlich ist, dass ein solcher Unterschied in den auf Stichproben basierenden Schätzungen beobachtet werden könnte, wenn in der gesamten Population, aus der die Stichproben entnommen wurden, de facto kein wirklicher Unterschied existiert.

Bei den Ergebnissen der PISA-Erhebungen für die einzelnen Länder und Volkswirtschaften handelt es sich um Schätzungen, da sie nicht auf Erhebungsdaten aller Schülerinnen und Schüler fußen, sondern auf Daten aus Schülerstichproben, und da sie unter Zugrundelegung eines begrenzten Katalogs an Testaufgaben und nicht der Gesamtheit der möglichen Testaufgaben ermittelt wurden. Wenn mit wissenschaftlicher Stringenz Schülerstichproben gewählt und Testverfahren durchgeführt werden, lässt sich die Größenordnung der mit der Schätzung verbundenen Unsicherheit ermitteln. Dieser Unsicherheit muss bei der Aufstellung von Vergleichen Rechnung getragen werden, um zu verhindern, dass Unterschiede, die nur durch die Stichprobenauswahl der Schülerinnen und Schüler sowie die Aufgabenstellungen bedingt sind, als Differenzen interpretiert werden, die in der gesamten Population zu beobachten wären. Bei der Gestaltung des PISA-Tests und -Stichproben steht das Ziel im Vordergrund, den mit länderspezifischen Statistiken einhergehenden statistischen Fehler so weit wie möglich zu reduzieren. Zwei Unsicherheitsfaktoren werden berücksichtigt:

- **Stichprobenfehler:** Ziel einer systemischen Erhebung wie PISA ist es, die auf Stichproben basierenden Ergebnisse zu verallgemeinern und auf die Zielpopulation insgesamt zu übertragen. Die in PISA verwendeten Stichprobenauswahlmethoden stellen nicht nur sicher, dass die Stichproben repräsentativ sind und gültige Schätzungen der mittleren Punktzahl der jeweiligen Population und Angaben zur Punktverteilung in der Population liefern, sondern auch, dass der Stichprobenfehler auf ein Mindestmaß reduziert wird. Der Stichprobenfehler wird mit der Zahl der an der Erhebung teilnehmenden Schulen und (in geringerem Ausmaß) Schülerinnen und Schüler geringer. Der mit der Schätzung der mittleren Punktzahl eines Landes einhergehende Stichprobenfehler beträgt in den meisten Ländern etwa 2-3 PISA-Punkte. Für den OECD-Durchschnitt (der auf 35 unabhängigen nationalen Stichproben basiert) wurde der Stichprobenfehler auf etwa 0,4 PISA-Punkte reduziert.
- **Messfehler** (auch als Imputationsfehler bezeichnet): Kein Test ist perfekt und kann so breit angelegte Konzepte, wie naturwissenschaftliche Grundbildung, voll erfassen. Durch die Verwendung einer begrenzten Zahl an Items zur Leistungsbeurteilung in großen Kompetenzbereichen entsteht beispielsweise eine Messunsicherheit: Hätte der Einsatz eines anderen Item-Katalogs zu anderen Ergebnissen geführt? Dieser Unsicherheitsfaktor ist in PISA quantifiziert. Er nimmt u.a. mit der Anzahl der Items in einem Kompetenzbereich ab, die einer Leistungsschätzung unterliegen. Aus diesem Grund ist der Unsicherheitsfaktor in kleineren Kompetenzbereichen etwas größer als in großen Bereichen und auch größer für einzelne Schülerinnen und Schüler (die nur einen Bruchteil aller Testitems bearbeiten) als für Ländermittelwerte (die auf allen Testitems basieren). Er nimmt auch mit zunehmender Verfügbarkeit von Hintergrundinformationen ab. Bei Schätzungen des Ländermittelwerts ist der Imputationsfehler geringer als der Stichprobenfehler (etwa 0,5 PISA-Punkte).

Bei einem Vergleich der Ergebnisse in unterschiedlichen PISA-Zyklen muss einem zusätzlichen Unsicherheitsfaktor Rechnung getragen werden. Selbst wenn in den unterschiedlichen PISA-Erhebungsrunden dasselbe Maßsystem für die Leistungsmessung verwendet wird (für Naturwissenschaften wurde dieses Maßsystem in PISA 2006 definiert, als die Naturwissenschaften zum ersten Mal Schwerpunktbereich der PISA-Erhebung waren), ändern sich die in der Erhebung verwendeten Testinstrumente und Items in jedem Zyklus, ebenso wie die Kalibrierungsstichproben und in manchen Fällen auch die für die Skalierung der Ergebnisse verwendeten statistischen Modelle. Damit sich die Ergebnisse im Zeitverlauf direkt vergleichen lassen, müssen die Skalen gleichgesetzt werden, d.h. die Ergebnisse werden umgewandelt, damit sie in ein und demselben Maßsystem ausgedrückt werden können. Der Linking-Fehler gibt den Unsicherheitsfaktor bei der Skalenanpassung wieder. Die für die Anpassung der Ergebnisse von PISA 2015 an frühere Skalen verwendeten Verfahren sind in Anhang A5 beschrieben; nähere Einzelheiten zum Linking-Fehler und zu den Equating-Verfahren finden sich im *PISA 2015 Technical Report* (OECD, erscheint demnächst).

Der Linking-Fehler betrifft alle skalierten Werte gleichermaßen und ist daher von der Größe der Schülerstichprobe unabhängig. Dasselbe gilt folglich für Schätzungen, die auf den Ergebnissen einzelner Länder, auf Schülerteilpopulationen oder dem OECD-Durchschnitt basieren. Für Vergleiche zwischen den Ergebnissen in Naturwissenschaften in PISA 2015 und in PISA 2006 entspricht der Linking-Fehler etwa 4,5 Punkten, was ihn zum bei weitem größten Unsicherheitsfaktor in Trendvergleichen macht.

Abbildung I.2.13 ■ Vergleich der Schülerleistungen der verschiedenen Länder und Volkswirtschaften im Bereich Naturwissenschaften

Mittelwert	Vergleichsland/-volkswirtschaft	Länder und Volkswirtschaften, deren Mittelwert NICHT statistisch signifikant von dem des Vergleichslandes/der Vergleichsvolkswirtschaft abweicht
556	Singapur	
538	Japan	Estland, Chinesisch Taipeh
534	Estland	Japan, Chinesisch Taipeh, Finnland
532	Chinesisch Taipeh	Japan, Estland, Finnland, Macau (China), Kanada, Vietnam
531	Finnland	Estland, Chinesisch Taipeh, Macau (China), Kanada, Vietnam
529	Macau (China)	Chinesisch Taipeh, Finnland, Kanada, Vietnam, Hongkong (China)
528	Kanada	Chinesisch Taipeh, Finnland, Macau (China), Vietnam, Hongkong (China), P-S-J-G (China)
525	Vietnam	Chinesisch Taipeh, Finnland, Macau (China), Kanada, Hongkong (China), P-S-J-G (China), Korea
523	Hongkong (China)	Macau (China), Kanada, Vietnam, P-S-J-G (China), Korea
518	P-S-J-G (China)	Kanada, Vietnam, Hongkong (China), Korea, Neuseeland, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande
516	Korea	Vietnam, Hongkong (China), P-S-J-G (China), Neuseeland, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande
513	Neuseeland	P-S-J-G (China), Korea, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande
513	Slowenien	P-S-J-G (China), Korea, Neuseeland, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande
510	Australien	P-S-J-G (China), Korea, Neuseeland, Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande, Schweiz
509	Ver. Königreich	P-S-J-G (China), Korea, Neuseeland, Slowenien, Australien, Deutschland, Niederlande, Schweiz, Irland
509	Deutschland	P-S-J-G (China), Korea, Neuseeland, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Niederlande, Schweiz, Irland
509	Niederlande	P-S-J-G (China), Korea, Neuseeland, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Irland
506	Schweiz	Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen
503	Irland	Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande, Schweiz, Belgien, Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten
502	Belgien	Schweiz, Irland, Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten
502	Dänemark	Schweiz, Irland, Belgien, Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten
501	Polen	Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Schweden
501	Portugal	Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden
498	Norwegen	Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Portugal, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden, Tschech. Rep., Spanien
496	Ver. Staaten	Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen, Österreich, Frankreich, Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Lettland
495	Österreich	Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Lettland
495	Frankreich	Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Lettland
493	Schweden	Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Tschech. Rep., Spanien, Lettland, Russ. Föderation
493	Tschech. Rep.	Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden, Spanien, Lettland, Russ. Föderation
493	Spanien	Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden, Tschech. Rep., Lettland, Russ. Föderation
490	Lettland	Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Russ. Föderation
487	Russ. Föderation	Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Lettland, Luxemburg, Italien, CABA (Argentinien)
483	Luxemburg	Russ. Föderation, Italien, CABA (Argentinien)
481	Italien	Russ. Föderation, Luxemburg, Ungarn, Litauen, Kroatien, CABA (Argentinien)
477	Ungarn	Italien, Litauen, Kroatien, CABA (Argentinien), Island
475	Litauen	Italien, Ungarn, Kroatien, CABA (Argentinien), Island
475	Kroatien	Italien, Ungarn, Litauen, CABA (Argentinien), Island
475	CABA (Argentinien)	Russ. Föderation, Luxemburg, Italien, Ungarn, Litauen, Kroatien, Island, Israel, Malta
473	Island	Ungarn, Litauen, Kroatien, CABA (Argentinien), Israel
467	Israel	CABA (Argentinien), Island, Malta, Slowak. Rep.
465	Malta	CABA (Argentinien), Israel, Slowak. Rep.
461	Slowak. Rep.	Israel, Malta, Griechenland
455	Griechenland	Slowak. Rep., Chile, Bulgarien
447	Chile	Griechenland, Bulgarien
446	Bulgarien	Griechenland, Chile, Ver. Arab. Emirate
437	Ver. Arab. Emirate	Bulgarien, Uruguay, Rumänien, Zypern ¹
435	Uruguay	Ver. Arab. Emirate, Rumänien, Zypern ¹
435	Rumänien	Ver. Arab. Emirate, Uruguay, Zypern ¹ , Moldau, Albanien, Türkei
433	Zypern ¹	Ver. Arab. Emirate, Uruguay, Rumänien, Moldau, Albanien, Türkei
428	Moldau	Rumänien, Zypern ¹ , Albanien, Türkei, Trinidad und Tobago, Thailand
427	Albanien	Rumänien, Zypern ¹ , Moldau, Türkei, Trinidad und Tobago, Thailand
425	Türkei	Rumänien, Zypern ¹ , Moldau, Albanien, Trinidad und Tobago, Thailand, Costa Rica, Katar
425	Trinidad und Tobago	Moldau, Albanien, Türkei, Thailand
421	Thailand	Moldau, Albanien, Türkei, Trinidad und Tobago, Costa Rica, Katar, Kolumbien, Mexiko
420	Costa Rica	Türkei, Thailand, Katar, Kolumbien, Mexiko
418	Katar	Türkei, Thailand, Costa Rica, Kolumbien, Mexiko
416	Kolumbien	Thailand, Costa Rica, Katar, Mexiko, Montenegro, Georgien
416	Mexiko	Thailand, Costa Rica, Katar, Kolumbien, Montenegro, Georgien
411	Montenegro	Kolumbien, Mexiko, Georgien, Jordanien
411	Georgien	Kolumbien, Mexiko, Montenegro, Jordanien
409	Jordanien	Montenegro, Georgien, Indonesien
403	Indonesien	Jordanien, Brasilien, Peru
401	Brasilien	Indonesien, Peru
397	Peru	Indonesien, Brasilien
386	Libanon	Tunesien, eJR Mazedonien
386	Tunesien	Libanon, eJR Mazedonien
384	eJR Mazedonien	Libanon, Tunesien
378	Kosovo	Algerien
376	Algerien	Kosovo
332	Dominik. Rep.	

1. Anmerkung der Türkei: Die Informationen zu „Zypern“ in diesem Dokument beziehen sich auf den südlichen Teil der Insel. Es existiert keine Instanz, die sowohl die türkische als auch die griechische Bevölkerung der Insel vertritt. Die Türkei erkennt die Türkische Republik Nordzypern (TRNZ) an. Bis im Rahmen der Vereinten Nationen eine dauerhafte und gerechte Lösung gefunden ist, wird sich die Türkei ihren Standpunkt in der „Zypernfrage“ vorbehalten.

Anmerkung aller in der OECD vertretenen EU-Mitgliedstaaten und der Europäischen Union: Die Republik Zypern wird von allen Mitgliedern der Vereinten Nationen mit Ausnahme der Türkei anerkannt. Die Informationen in diesem Dokument beziehen sich auf das Gebiet, das sich unter der tatsächlichen Kontrolle der Regierung der Republik Zypern befindet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.3.

ScatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432052>



Abbildung I.2.14 [Teil 1/2] ■ **Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften der PISA-Teilnehmer 2015 auf nationaler und subnationaler Ebene**

	Gesamtskala Naturwissenschaften					
	Mittelwert	95%- Konfidenzintervall	Spannweite der Rangplätze			
			OECD-Länder		Alle Länder/Volkswirtschaften	
			Oberer Rang	Unterer Rang	Oberer Rang	Unterer Rang
Singapur	556	553 - 558				
<i>Alberta (Kanada)</i>	541	533 - 549			1	1
<i>British Columbia (Kanada)</i>	539	530 - 547				
Japan	538	533 - 544	1	2	2	3
<i>Quebec (Kanada)¹</i>	537	528 - 546				
Estland	534	530 - 538	1	3	2	5
Chinesisch Taipeh	532	527 - 538			2	7
Finnland	531	526 - 535	2	4	3	7
<i>Massachusetts (Ver. Staaten)</i>	529	516 - 542				
Macau (China)	529	526 - 531			5	8
Kanada	528	524 - 532	3	4	5	9
Vietnam	525	517 - 532			4	10
<i>Ontario (Kanada)</i>	524	516 - 532				
Hongkong (China)	523	518 - 528			7	10
<i>Kastilien und Leon (Spanien)</i>	519	512 - 526				
P-S-J-G (China)	518	509 - 527			8	16
<i>Nova Scotia (Kanada)</i>	517	508 - 526				
Korea	516	510 - 522	5	8	9	14
<i>Madrid (Spanien)</i>	516	509 - 523				
<i>Fläm. Gemeinschaft (Belgien)</i>	515	510 - 521				
<i>Bozen (Italien)</i>	515	511 - 520				
<i>Prince Edward Island (Kanada)</i>	515	504 - 525				
Neuseeland	513	509 - 518	5	9	10	15
Slowenien	513	510 - 515	5	9	11	15
<i>England (Ver. Königreich)</i>	512	506 - 518				
<i>Navarra (Spanien)</i>	512	504 - 520				
<i>Galicien (Spanien)</i>	512	506 - 518				
<i>Trient (Italien)</i>	511	506 - 515				
Australien	510	507 - 513	6	11	12	17
Ver. Königreich	509	504 - 514	6	13	12	19
Deutschland	509	504 - 514	6	13	12	19
Niederlande	509	504 - 513	7	13	13	19
<i>Aragon (Spanien)</i>	508	498 - 517				
<i>New Brunswick (Kanada)</i>	506	498 - 515				
<i>Newfoundland and Labrador (Kanada)</i>	506	500 - 512				
Schweiz	506	500 - 511	8	17	14	23
<i>Deutschspr. Gemeinsh. (Belgien)</i>	505	496 - 515				
<i>Katalonien (Spanien)</i>	504	495 - 513				
Irland	503	498 - 507	11	18	17	24
<i>Lombardei (Italien)</i>	503	493 - 512				
<i>North Carolina (Ver. Staaten)</i>	502	493 - 512				
Belgien	502	498 - 506	12	19	18	25
Dänemark	502	497 - 507	12	19	18	25
Polen	501	497 - 506	12	19	18	25
<i>Asturien (Spanien)</i>	501	494 - 509				
Portugal	501	496 - 506	12	19	18	25
<i>Nordirland (Ver. Königreich)</i>	500	495 - 506				
<i>Manitoba (Kanada)</i>	499	490 - 509				
Norwegen	498	494 - 503	14	21	20	27
<i>La Rioja (Spanien)</i>	498	487 - 509				
<i>Castile-La Mancha (Spanien)</i>	497	490 - 505				
<i>Schottland (Ver. Königreich)</i>	497	492 - 501				
Ver. Staaten	496	490 - 502	15	25	21	31
<i>Saskatchewan (Kanada)</i>	496	490 - 502				
<i>Cantabria (Spanien)</i>	496	485 - 507				
Österreich	495	490 - 500	17	24	23	30
Frankreich	495	491 - 499	18	24	24	30
<i>Comunidad Valenciana (Spanien)</i>	494	488 - 500				
Schweden	493	486 - 500	18	25	24	32

* Vgl. Anmerkung 1 unter Abbildung I.2.13.

1. Bei der Interpretation der Ergebnisse für die Provinz Québec in dieser Tabelle ist aufgrund einer möglichen Schweißverzerrung (Non-Response Bias) Vorsicht geboten.

2. Bei Puerto Rico handelt es sich um ein nicht inkorporiertes Gebiet der Vereinigten Staaten. Daher ist Puerto Rico nicht in den PISA-Ergebnissen für die Vereinigten Staaten enthalten.

Anmerkung: Die OECD-Länder sind in schwarzem Fettdruck angegeben. Partnerländer, -volkswirtschaften bzw. nicht in nationalen Ergebnissen erfasste subnationale Einheiten erscheinen blau in Fettdruck. Regionen sind schwarz in Kursivdruck (OECD-Länder) bzw. blau in Kursivdruck (Partnerländer) dargestellt.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432060>

Abbildung I.2.14 [Teil 2/2] ■ Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften der PISA-Teilnehmer 2015 auf nationaler und subnationaler Ebene

	Gesamtskala Naturwissenschaften					
	Mittelwert	95%- Konfidenzintervall	Spannweite der Rangplätze			
			OECD-Länder		Alle Länder/Volkswirtschaften	
			Oberer Rang	Unterer Rang	Oberer Rang	Unterer Rang
Tschech. Rep.	493	488 - 497	19	25	25	31
Spanien	493	489 - 497	20	25	25	31
Lettland	490	487 - 493	23	25	28	32
Russ. Föderation	487	481 - 492			30	34
Franz. Gemeinschaft (Belgien)	485	477 - 494				
Balearn (Spanien)	485	476 - 493				
Wales (Ver. Königreich)	485	479 - 490				
Murcia (Spanien)	484	476 - 491				
Baskenland (Spanien)	483	477 - 489				
Luxemburg	483	481 - 485	26	27	32	34
Italien	481	476 - 485	26	28	32	36
Dubai (VAE)	480	477 - 483				
Ungarn	477	472 - 481	27	29	34	39
Litauen	475	470 - 481			34	39
Kanarische Inseln (Spanien)	475	468 - 482				
Kroatien	475	471 - 480			35	39
CABA (Argentinien)	475	463 - 487			32	41
Extremadura (Spanien)	474	467 - 482				
Island	473	470 - 477	28	29	36	39
Andalusien (Spanien)	473	465 - 481				
Região Autónoma dos Açores (Portugal)	470	465 - 474				
Israel	467	460 - 473	30	31	39	42
Malta	465	462 - 468			40	42
Slowak. Rep.	461	456 - 466	30	32	41	43
Bogotá (Kolumbien)	458	448 - 467				
Griechenland	455	447 - 463	31	32	42	44
Chile	447	442 - 452	33	33	44	45
Bulgarien	446	437 - 454			43	46
Campanien (Italien)	445	435 - 455				
Ver. Arab. Emirate	437	432 - 441			46	49
Uruguay	435	431 - 440			46	49
Rumänien	435	429 - 441			46	50
Manizales (Kolumbien)	434	426 - 443				
Medellín (Kolumbien)	433	425 - 442				
Zypern*	433	430 - 435			47	50
Sharjah (VAE)	432	414 - 451				
Moldau	428	424 - 432			49	53
Albanien	427	421 - 434			49	54
Türkei	425	418 - 433	34	34	49	55
Trinidad und Tobago	425	422 - 427			51	54
Abu Dhabi (VAE)	423	414 - 432				
Thailand	421	416 - 427			51	57
Cali (Kolumbien)	421	412 - 430				
Costa Rica	420	416 - 424			53	57
Katar	418	416 - 420			55	58
Kolumbien	416	411 - 420			55	60
Mexiko	416	412 - 420	35	35	55	59
Montenegro	411	409 - 413			59	61
Georgien	411	406 - 416			58	61
Jordanien	409	403 - 414			59	62
Indonesien	403	398 - 408			61	63
Puerto Rico ²	403	391 - 415				
Ajman (VAE)	402	395 - 408				
Fujairah (VAE)	401	391 - 412				
Brasilien	401	396 - 405			62	64
Ras Al Khaimah (VAE)	400	384 - 417				
Peru	397	392 - 401			63	64
Umm Al Quwain (VAE)	387	379 - 395				
Libanon	386	380 - 393			65	67
Tunesien	386	382 - 391			65	67
ejR Mazedonien	384	381 - 386			65	67
Kosovo	378	375 - 382			68	69
Algerien	376	371 - 381			68	69
Dominik. Rep.	332	327 - 337			70	70

* Vgl. Anmerkung 1 unter Abbildung I.2.13.

1. Bei der Interpretation der Ergebnisse für die Provinz Québec in dieser Tabelle ist aufgrund einer möglichen Schweißverzerrung (Non-Response Bias) Vorsicht geboten.

2. Bei Puerto Rico handelt es sich um ein nicht inkorporiertes Gebiet der Vereinigten Staaten. Daher ist Puerto Rico nicht in den PISA-Ergebnissen für die Vereinigten Staaten enthalten.

Anmerkung: Die OECD-Länder sind in schwarzem Fettdruck angegeben. Partnerländer, -volkswirtschaften bzw. nicht in nationalen Ergebnissen erfasste subnationale Einheiten erscheinen blau in Fettdruck. Regionen sind schwarz in Kursivdruck (OECD-Länder) bzw. blau in Kursivdruck (Partnerländer) dargestellt.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432060>



Verteilung der Schüler auf die verschiedenen Kompetenzstufen der Gesamtskala Naturwissenschaften

Abbildung I.2.15 veranschaulicht die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf jeder der sieben Kompetenzstufen. Der Prozentsatz der Schülerinnen und Schüler, die mit ihren Leistungen unter Kompetenzstufe 2 liegen, ist links der vertikalen Achse angegeben.

Leistungen über dem Grundkompetenzniveau

Kompetenzstufe 2 (über 410, aber weniger als 484 Punkte)

Auf Stufe 2 können die Schülerinnen und Schüler auf aus dem Alltag bekanntes konzeptuelles Wissen und grundlegendes prozedurales Wissen zurückgreifen, um eine angemessene naturwissenschaftliche Erklärung zu erkennen, Daten zu interpretieren und die Frage zu identifizieren, auf die in einer einfachen Versuchsgestaltung eingegangen wird. Sie können allgemein bekanntes naturwissenschaftliches Wissen einsetzen, um aus einer einfachen Datenreihe eine gültige Schlussfolgerung zu ziehen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 2 liegen, stellen grundlegendes epistemisches Wissen unter Beweis, indem sie in der Lage sind, Fragen zu identifizieren, die naturwissenschaftlich untersucht werden können.

Frage 2 der Testeinheit METEOROIDEN UND KRATER (Anhang C1) ist ein typisches Beispiel für Aufgaben der Stufe 2. Es wird eine einfache Frage gestellt zum Zusammenhang zwischen der Atmosphäre eines Planeten und der Wahrscheinlichkeit, mit der Meteoroiden verglühen, bevor sie auf der Oberfläche des Planeten einschlagen. Bei dieser Frage geht es um die Fähigkeit, auf der Basis von Wissen zu Erde und Weltraum eine korrekte Vorhersage zu treffen („Je dicker die Atmosphäre eines Planeten ist, desto weniger Krater hat seine Oberfläche, weil mehr Meteoroiden in der Atmosphäre verglühen“). Sie wird daher den Aufgaben zugeordnet, die die Kompetenz erfordern, auf der Basis von konzeptuellem Wissen aus dem Bereich Erde und Weltraum Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären.

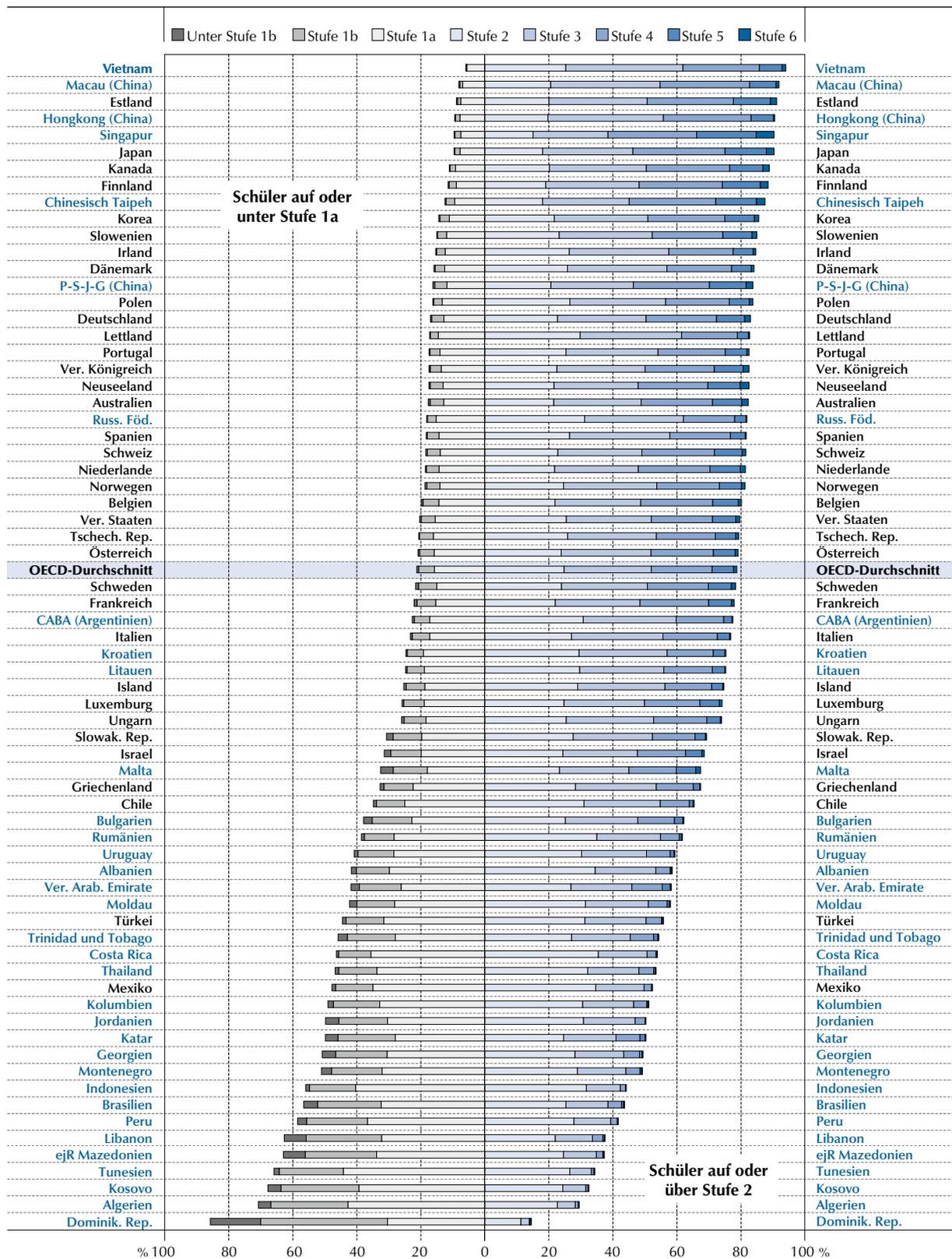
Um die Frage richtig zu beantworten, müssen die Schülerinnen und Schüler grundlegendes Wissen aus dem Bereich Erde und Weltraum unter Beweis stellen. Der kurze Einleitungstext liefert zahlreiche Hinweise, die den Schülerinnen und Schülern helfen sollen, den richtigen Zusammenhang herzustellen („Gesteinsbrocken im Weltall, die in die Erdatmosphäre eindringen, nennt man Meteoroiden. Meteoroiden erhitzen sich und glühen, wenn sie durch die Erdatmosphäre fallen. Die meisten Meteoroiden verglühen, bevor sie auf der Erdoberfläche einschlagen.“). Frage 3B in derselben Testeinheit ist eine weitere Aufgabe der Stufe 2, die sich auf die gleichen Kategorien bezieht. Im Gegensatz zu Frage 2 werden den Schülerinnen und Schülern keine Hinweise gegeben, jedoch ist das zur Lösung der Aufgabe erforderliche Wissen ihnen vertraut und einfach.

Kompetenzstufe 2 gilt als das Grundkompetenzniveau in Naturwissenschaften, das erforderlich ist, um sich als kritischer und informierter Bürger mit naturwissenschaftlichen Themen auseinandersetzen zu können. Tatsächlich ist es das Leistungsniveau auf der PISA-Skala, ab dem die Schülerinnen und Schüler beginnen, jene naturwissenschaftlichen Kompetenzen unter Beweis zu stellen, die es ihnen ermöglichen werden, effektiv und produktiv an wissenschafts- und technologiebezogenen Lebenssituationen teilzunehmen. Über 90% der Schülerinnen und Schüler in Vietnam (94,1%), Macau (China) (91,9%), Estland (91,2%), Hongkong (China) (90,6%) sowie Singapur und Japan (beide 90,4%) erreichten dieses Grundkompetenzniveau. Im OECD-Durchschnitt erreichten 79% der Schülerinnen und Schüler mindestens Kompetenzstufe 2; mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler in allen OECD-Ländern erfüllten die Anforderungen dieser Kompetenzstufe (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

In vielen Ländern der mittleren und unteren Einkommensgruppe erfüllen nicht alle 15-Jährigen die Voraussetzungen für eine Teilnahme an PISA, weil sie zum Teil die Schule abgebrochen haben, nie eine Schule besucht haben oder weil sie zwar zur Schule gehen, aber die 6. oder eine niedrigere Klassenstufe besuchen (vgl. Kapitel 6). Auf Basis der Annahme, dass diese 15-Jährigen im Fall einer PISA-Teilnahme nicht Kompetenzstufe 2 erreichen würden, sowie der geschätzten Gesamtzahl der 15-Jährigen in den betreffenden Ländern und Volkswirtschaften lässt sich schätzen, wie hoch der Anteil aller 15-Jährigen ist, die im Bereich Naturwissenschaften ein Grundkompetenzniveau erreichen.

In verwandten Studien werden für die Population von 15-Jährigen, die nicht von PISA erfasst werden, häufig ähnliche Annahmen einer unter dem Basisniveau liegenden Kompetenz zugrunde gelegt (UNESCO, 2004; Hanushek und Woessmann, 2008; Spaul und Taylor, 2015; Taylor und Spaul, 2015)⁹. Die in fünf Ländern geplante PISA-Pilotinitiative zur Leistungserhebung bei nicht im Schulsystem integrierten Kindern, die 2017 umgesetzt wird (vgl. Kasten I.6.3 in Kapitel 6), wird in ihrer Form beispiellose Daten zu den Lese- und Mathematikkompetenzen dieser Population in Verbindung mit der internationalen PISA-Skala zur Verfügung stellen. In Ermangelung vergleichbarer Daten für alle PISA-Teilnehmerländer liefert die Hypothese einer unter dem Basisniveau liegenden Kompetenz in dieser nicht von PISA erfassten Population Anhaltspunkte dafür, wie hoch der Anteil aller 15-Jährigen, die Leistungen über dem Grundkompetenzniveau erzielen, mindestens sein dürfte.

Abbildung I.2.15 ■ Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften



Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem Prozentsatz der Schüler, deren Leistungen auf oder über Stufe 2 lagen, angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.1a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432072>



In 22 Ländern und Volkswirtschaften, darunter die OECD-Länder Mexiko und Türkei sowie Vietnam, dessen Durchschnittsergebnis in PISA über dem OECD-Durchschnitt liegt, besuchte weniger als die Hälfte aller 15-Jährigen Klassenstufe 7 oder höher und erreichte auf der PISA-Gesamtskala Naturwissenschaften mindestens Stufe 2. In Vietnam wurde Kompetenzstufe 2 von 94% der Schülerinnen und Schüler erreicht, die der PISA-Zielpopulation angehören, allerdings stellt die PISA-Zielpopulation weniger als 50% der Gesamtpopulation der 15-Jährigen dar. In Algerien, der Dominikanischen Republik, Kosovo und im Libanon erreichte weniger als ein Viertel der 15-Jährigen in Naturwissenschaften diese Kompetenzstufe (Abb. I.2.16 und Tabelle I.2.1b).

Kompetenzstufe 3 (über 484, aber weniger als 559 Punkte)

Auf Stufe 3 können Schüler auf moderat komplexes konzeptuelles Wissen zurückgreifen, um Erklärungen vertrauter Phänomene zu identifizieren oder zu konstruieren. In weniger vertrauten oder komplexeren Situationen können sie mit entsprechenden Hinweisen oder Unterstützung Erklärungen konstruieren. Sie können auf Elemente des prozeduralen oder epistemischen Wissens zurückgreifen, um einen einfachen Versuch in einem eingegrenzten Kontext durchzuführen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 3 liegen, sind in der Lage, zwischen wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Fragestellungen zu unterscheiden und Belege zu finden, die eine naturwissenschaftliche These untermauern.

Ein Beispiel für eine Aufgabe der Stufe 3 ist Frage 1 der Testeinheit VOGELZUG (Anhang C1). Ähnlich wie die beiden Fragen, die zur Veranschaulichung der Kompetenzen auf Stufe 2 gestellt wurden, erfordert diese Aufgabe die Kompetenz, Phänomene auf der Basis von konzeptuellem Wissen – in diesem Fall grundlegende Kenntnisse der Evolutionstheorie – naturwissenschaftlich zu erklären. In der Aufgabenstellung wird dargelegt, dass sich die meisten Zugvögel in einem Gebiet versammeln und nicht einzeln, sondern in großen Gruppen, ziehen. Um diese Frage korrekt zu beantworten, müssen die Schülerinnen und Schüler herausfinden, welche der vier möglichen Erklärungen mit der Evolutionstheorie und den beobachteten Fakten in Einklang steht: dass Vögel, die einzeln oder in kleinen Gruppen zogen, mit geringerer Wahrscheinlichkeit überlebt und Nachkommen bekommen haben.

Frage 1 der Testeinheit UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN ist ebenfalls eine Aufgabe der Stufe 3. In der Einleitung werden die Testteilnehmer mit der Beobachtung konfrontiert, dass es in der Vegetation an den beiden Hängen eines Tals deutliche Unterschiede gibt. Die erste Aufgabe stellt dann die Konfiguration der Messgeräte vor, die eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern für die Datensammlung zu den Bedingungen an den beiden Hangflächen gewählt hat. Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, diese Konfiguration zu bewerten (die Aufgabe gehört zur Kategorie „naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen“) und die Gründe für die Platzierung der Messgeräte zu erklären. Es handelt sich hierbei um eine offene Frage, bei der die Testteilnehmer in ihren Antworten epistemisches Wissen unter Beweis stellen müssen – in diesem Fall müssen sie (mindestens) einen Grund nennen, aus dem es notwendig ist, mehrere unabhängige Messungen vorzunehmen, um herauszufinden, wie sich die Bedingungen an den beiden Hangflächen unterscheiden.

In den meisten OECD-Ländern entspricht Kompetenzstufe 3 einem mittleren Leistungsniveau. Der Medianwert, d.h. die Punktzahl, die die Population in zwei gleiche Hälften aufteilt – von denen eine über und eine unter dem Medianwert liegt –, fällt in Kompetenzstufe 3. Im Durchschnitt der OECD-Länder erzielte über die Hälfte aller Schülerinnen und Schüler (54,0%) Leistungen, die mindestens Kompetenzstufe 3 (d.h. Kompetenzstufe 3, 4, 5 oder 6) entsprachen. Desgleichen entspricht Kompetenzstufe 3 dem Medianwert der Schülerinnen und Schüler in 31 Teilnehmerländern und -volkswirtschaften. Im OECD-Raum erbrachten im Durchschnitt 27,2% der Schülerinnen und Schüler Leistungen auf Kompetenzstufe 3, was dem größten Anteil der Schülerinnen und Schüler auf einer der sieben in PISA beschriebenen Kompetenzstufen entspricht. Ferner erreichte der größte Anteil der Schülerinnen und Schüler in 31 Ländern und Volkswirtschaften Kompetenzstufe 3 (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Kompetenzstufe 4 (über 559, aber weniger als 633 Punkte)

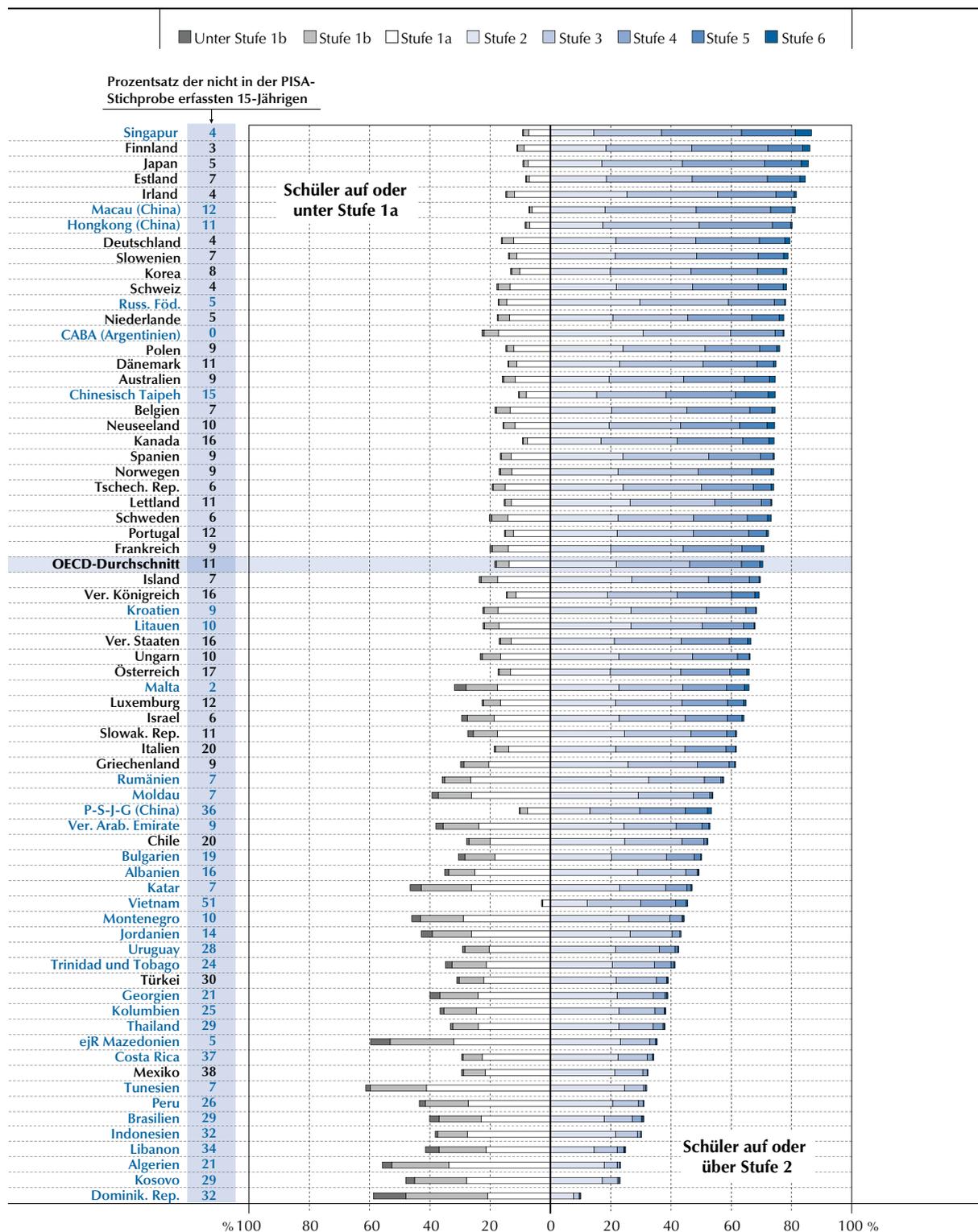
Auf Kompetenzstufe 4 können die Schülerinnen und Schüler differenzierteres konzeptuelles Wissen einsetzen, das geliefert oder aus dem Gedächtnis abgerufen wird, um Erklärungen für komplexere bzw. weniger vertraute Ereignisse und Prozesse zu konstruieren. Sie können Versuche durchführen, die zwei oder mehr unabhängige Variablen in einem eingegrenzten Kontext beinhalten. Sie können eine Versuchsgestaltung begründen, indem sie auf Elemente des prozeduralen und epistemischen Wissens zurückgreifen. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 4 liegen, können Daten interpretieren, die aus einer moderat komplexen Datenreihe oder aus weniger vertrauten Kontexten stammen, und angemessene Schlussfolgerungen ziehen, die über die Daten hinausgehen, und ihre Entscheidungen begründen.

Bei Frage 2 in der Testeinheit Untersuchung von HANGFLÄCHEN (Anhang C1), die ein typisches Beispiel für eine Frage der Kompetenzstufe 4 darstellt, müssen die Schülerinnen und Schüler anhand einer Interpretation der verfügbaren Daten zwei Behauptungen evaluieren (die Aufgabe gehört zur Kategorie „Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren“).



Abbildung I.2.16 ■ Leistungen 15-Jähriger in Naturwissenschaften

Schüler auf den unterschiedlichen Kompetenzstufen in Naturwissenschaften, in Prozent aller 15-Jährigen



Anmerkung: Die Länge der Balken ist proportional zum Prozentsatz der in der PISA-Stichprobe erfassten 15-Jährigen (Erfassungsindex 3; vgl. Anhang A2). Die Länder/Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach der Zahl der Schüler mit Leistungen auf Stufe 2 oder darüber angeordnet, ausgedrückt in Prozent der Gesamtbevölkerung der 15-Jährigen im Land.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.1b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432083>



Die Daten enthalten Konfidenzintervalle für die durchschnittlichen Messwerte der Sonneneinstrahlung, Bodenfeuchtigkeit und Niederschlagsmenge. Die Schülerinnen und Schüler müssen unter Beweis stellen, dass sie verstehen, welchen Einfluss Messfehler auf das mit spezifischen wissenschaftlichen Messwerten verbundene Konfidenzniveau haben, dies ist einer der wichtigsten Aspekte des epistemischen Wissens. Frage 2 in der Testeinheit VOGELZUG ist eine Aufgabe, die am oberen Ende von Stufe 4 angesiedelt ist (630 Punkte auf der PISA-Skala). Sie ist ein Beispiel für eine Aufgabe, bei der die Schülerinnen und Schüler auf prozedurales Wissen zurückgreifen müssen, um einen Faktor zu identifizieren, der zu unzureichendem oder ungenauen Datenmaterial führen könnte, und den Effekt auf die Qualität naturwissenschaftlicher Untersuchungen erklären müssen. Beide Aufgaben sind ein typisches Beispiel für das komplexere Wissen und detailliertere Verständnis, das Schülerinnen und Schüler, die den Leistungen auf Kompetenzstufe 4 entsprechen, im Vergleich zu Schülerinnen und Schülern auf niedrigeren Kompetenzstufen unter Beweis stellen.

Im OECD-Durchschnitt erreichten 26,7% der Schülerinnen und Schüler mindestens Kompetenzstufe 4 und erzielten auf der PISA-Gesamtskala Naturwissenschaften mehr als 559 Punkte. Der größte Anteil der Schülerinnen und Schüler in Japan, Singapur und Chinesisch Taipeh erreichte diese Kompetenzstufe (Modalstufe), die in Singapur dem Medianniveau entspricht, wo 51,9% der Schülerinnen und Schüler auf oder über diesem Niveau abschnitten (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Kompetenzstufe 5 (über 633, aber weniger als 708 Punkte)

Auf Stufe 5 können Schüler abstrakte wissenschaftliche Ideen oder Konzepte verwenden, um unvertraute und komplexere Phänomene, Ereignisse und Prozesse zu erklären. Sie können differenzierteres epistemisches Wissen anwenden, um alternative Versuchsgestaltungen zu evaluieren, ihre Entscheidungen zu begründen und theoretisches Wissen einzusetzen, um Informationen zu interpretieren oder Vorhersagen zu treffen. Schüler auf dieser Stufe können Möglichkeiten evaluieren, um eine gegebene Aufgabe naturwissenschaftlich zu untersuchen, und Einschränkungen bei der Interpretation von Datenreihen identifizieren, u.a. im Hinblick auf die Quellen und die Effekte der Unsicherheit wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Es wurden keine Items aus der PISA-Erhebung 2015 freigegeben, um die auf Kompetenzstufe 5 erwarteten Leistungen zu veranschaulichen (wenngleich Frage 2 in der Testeinheit VOGELZUG wie festgestellt nahe an der Schwelle zwischen den Kompetenzstufen 4 und 5 angesiedelt ist). Frage 5 in der Feldtesteinheit LAUFEN BEI HITZE (Anhang C1) ist indessen ein Beispiel für die Art von Aufgaben, die Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe generell zu lösen in der Lage sind. Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Schülerinnen und Schüler ihre Biologiekenntnisse (konzeptuelles Wissen) anwenden, um die Funktion des Schwitzens bei der Regulierung der Körpertemperatur zu erklären. Hierbei handelt es sich aufgrund des indirekten Charakters der Effekte um ein komplexes Phänomen, wobei die Schwierigkeit noch durch die Notwendigkeit erhöht wird, die Antwort in ein offenes Texteingabefeld zu schreiben.

Stufe 5 auf der Kompetenzskala Naturwissenschaften markiert einen anderen qualitativen Unterschied. Schülerinnen und Schüler, die in der Lage sind, Aufgaben der Kompetenzstufe 5 zu lösen, können insofern als besonders leistungsstark bezeichnet werden, als sie über hinreichend Kompetenzen und Wissen im Bereich Naturwissenschaften verfügen, um in der Lage zu sein, ihr Wissen und ihre Kompetenzen kreativ und autonom in einem breiten Spektrum an Situationen anzuwenden, darunter auch unvertrauten.

Im Durchschnitt der OECD-Länder erreichten 7,7% der Schülerinnen und Schüler Kompetenzstufe 5 oder 6 und fielen damit in die Kategorie der besonders leistungsstarken Schüler. Etwa ein Viertel aller Schülerinnen und Schüler (24,2%) in Singapur und knapp jeder sechste Schüler in Chinesisch Taipeh (15,4%) und Japan (15,3%) erreichten dieses Niveau. In elf Ländern und Volkswirtschaften (Australien, Kanada, P-S-J-G (China), Estland, Finnland, Deutschland, Korea, den Niederlanden, Neuseeland, Slowenien und dem Vereinigten Königreich) erreichten zwischen 10% und 15% aller Schülerinnen und Schüler mindestens Kompetenzstufe 5. Demgegenüber ist in 20 Ländern und Volkswirtschaften, darunter den OECD-Ländern Türkei (0,3%) und Mexiko (0,1%) weniger als jeder hundertste Schüler besonders leistungsstark (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Kompetenzstufe 6 (über 708 Punkte)

Schülerinnen und Schüler, die auf der PISA-Gesamtskala Naturwissenschaften Stufe 6 erreichen, können die schwierigsten Items im PISA-Naturwissenschaftstest erfolgreich lösen. Auf Stufe 6 können Schüler auf miteinander verknüpfte wissenschaftliche Ideen und Konzepte aus den Bereichen Physik, Lebenswissenschaften, Geologie und Astronomie zurückgreifen und prozedurales und epistemisches Wissen nutzen, um Erklärungshypothesen für neue naturwissenschaftliche Phänomene, Ereignisse und Prozesse anzubieten, die mehrere Schritte erfordern, oder um Vorhersagen zu treffen. Bei der Interpretation von Daten und Befunden können sie zwischen relevanten und irrelevanten Informationen unterscheiden, und sie können auf Wissen zurückgreifen, das außerhalb des normalen Lehrplans erworben wurde. Sie können zwischen Argumenten unterscheiden, die auf naturwissenschaftlicher Evidenz und Theorie beruhen, und denjenigen, die auf anderen Erwägungen basieren. Schüler, deren Leistungen auf Stufe 6 liegen, können konkurrierende Gestaltungen komplexer Versuche, Feldstudien oder Simulationen evaluieren und ihre Entscheidungen begründen.



Zur Beantwortung von Frage 1 in der Testeinheit NACHHALTIGE FISCHZUCHT (Anhang C1) bedarf es Kompetenzen, die Stufe 6 entsprechen. Bei dieser Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler ein Ökosystem (hier eine Fischzuchtanlage) und die Rolle mehrerer Organismen innerhalb des Systems verstehen. Die Hauptkompetenz, die gefordert wird, besteht darin, Phänomene wissenschaftlich zu erklären. Um die Aufgabe richtig zu lösen, müssen die Schülerinnen und Schüler den Sinn und Zweck der Fischzuchtanlage verstehen ebenso wie die Funktion jedes der drei Becken innerhalb des Systems und entscheiden, welche Organismen jede einzelne Funktion am besten erfüllen. Die Schülerinnen und Schüler müssen Informationen verarbeiten, die dem Stimulusmaterial und dem Diagramm, einschließlich einer Fußnote zum Diagramm, zu entnehmen sind. Eine weitere Komponente, die den Schwierigkeitsgrad erhöht, ist der offene Charakter der Aufgabe. Alle vier Organismen können in jedem der drei Becken untergebracht werden, und es gibt keine Höchstzahl an Organismen pro Becken. Folglich gibt es viele Fehlerquellen. Das Thema der nachhaltigen Fischzucht gehört zum Inhaltsbereich „Lebende Systeme“, und zur Lösung der Aufgabe muss auf konzeptuelles Wissen zurückgegriffen werden.

Im OECD-Raum erreichten im Durchschnitt 1,1% der Schülerinnen und Schüler Kompetenzstufe 6. Singapur weist den größten Anteil an Schülerinnen und Schülern auf (5,6%), die in Naturwissenschaften den Anforderungen dieser Stufe entsprechen. In Neuseeland und Chinesisch Taipeh schnitten 2,7% der Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften auf Kompetenzstufe 6 ab. In 18 Teilnehmerländern und -volkswirtschaften erreichten zwischen einem von 40 (2,5%) und einem von hundert (1%) Schülern diese Stufe, während in 49 anderen Ländern und Volkswirtschaften weniger als 1% der Schülerinnen und Schüler diese höchste Kompetenzstufe erreichte (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Leistungen unter dem Grundkompetenzniveau

Kompetenzstufe 1a (über 335, aber weniger als 410 Punkte)

Auf Stufe 1a können Schüler allgemein bekanntes konzeptuelles und prozedurales Wissen nutzen, um Erläuterungen einfacher naturwissenschaftlicher Phänomene zu erkennen oder zu identifizieren. Mit Unterstützung können sie strukturierte naturwissenschaftliche Untersuchungen mit nicht mehr als zwei Variablen durchführen. Sie können einfache Kausalzusammenhänge und Korrelationen identifizieren sowie grafische und visuelle Daten interpretieren, die ein geringes Niveau an kognitiven Fähigkeiten voraussetzen. Schüler auf Stufe 1a können die beste wissenschaftliche Erklärung für gegebene Daten in vertrauten persönlichen, lokalen und globalen Kontexten auswählen.

Es wurden keine Items aus der PISA-Erhebung 2015 freigegeben, um das Kompetenzniveau auf Stufe 1a zu dokumentieren. Zur Veranschaulichung der Kompetenzen, über die Schülerinnen und Schüler auf dieser Stufe verfügen, können papiergestützte Fragen verwendet werden, die für die PISA-Erhebung 2006 ausgearbeitet wurden (OECD, 2009).

Im OECD-Raum erreichten 15,7% der Schülerinnen und Schüler Stufe 1a, und nur 5,5% erreichten Stufe 1a nicht. In der Dominikanischen Republik lag weniger als jeder zweite Schüler (etwa 45%) auf diesem (oder einem höheren) Kompetenzniveau. In 17 Ländern und Volkswirtschaften, darunter den OECD-Ländern Mexiko und Türkei, erreichte der größte Anteil der Schülerinnen und Schüler Leistungen auf dieser Stufe (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Kompetenzstufe 1b (über 261, aber weniger als 335 Punkte)

Auf Stufe 1b können Schüler allgemein bekanntes Wissen einsetzen, um Aspekte vertrauter oder einfacher Phänomene zu erkennen. Sie können einfache Datenstrukturen identifizieren, grundlegende naturwissenschaftliche Begriffe erkennen und expliziten Anweisungen folgen, um ein einfaches naturwissenschaftliches Verfahren durchzuführen.

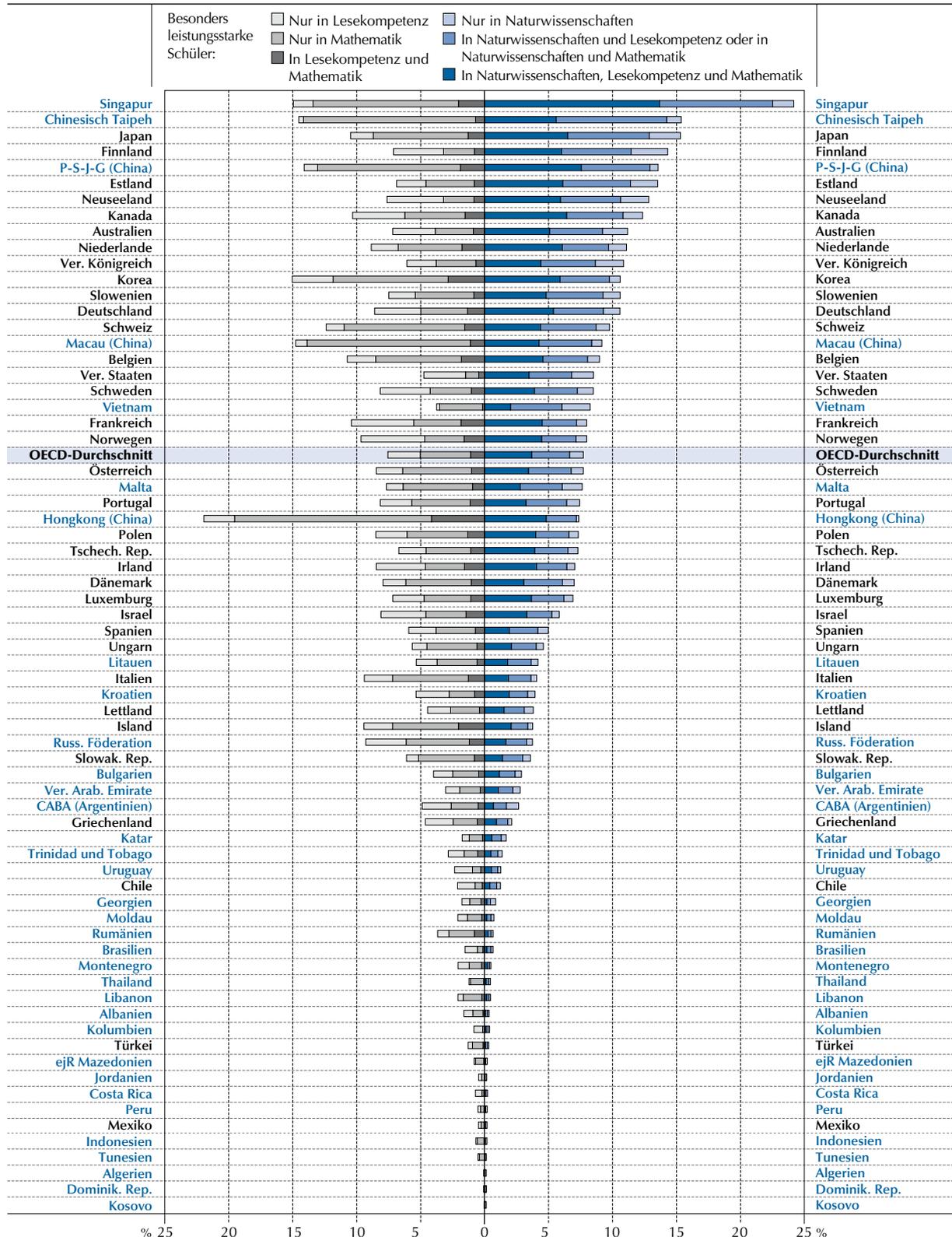
Frage 3A der Testeinheit METEOROIDEN UND KRATER (Anhang C1) ist ein Beispiel für eine Aufgabe der Stufe 1b. Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Schülerinnen und Schüler allgemein bekanntes naturwissenschaftliches Wissen einsetzen, um anhand einer Skizze, die drei Krater unterschiedlicher Größe zeigt, die Größe eines Meteoroiden der Größe eines Kraters zuzuordnen, den er auf der Erdoberfläche hinterlässt. Da allgemein bekannt ist, dass ein größerer Gesteinsbrocken einen größeren Krater verursacht und ein kleinerer Gesteinsbrocken einen kleineren, gehört die Frage zum unteren Teil der Subskala „Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren“.

Im OECD-Raum erreichten 4,9% der Schülerinnen und Schüler Stufe 1b, und 0,6% erreichten Stufe 1b nicht. In 40 Ländern und Volkswirtschaften, darunter Kanada, Estland, Hongkong (China), Japan, Macau (China) und Vietnam erreichten weniger als 10% der Schülerinnen und Schüler Leistungen auf oder unter Stufe 1b; in den genannten sechs Ländern schnitten weniger als 2% der Schülerinnen und Schüler auf dieser Stufe ab (Abb. I.2.15 und Tabelle I.2.1a).

Kein Item in der PISA-Erhebung kann Aufschluss darüber geben, wozu Schülerinnen und Schüler mit Leistungen unter Stufe 1b in der Lage sind. Schülerinnen und Schüler unter Stufe 1b haben vielleicht gewisse naturwissenschaftliche Kenntnisse und Kompetenzen erworben, auf der Basis der im PISA-Test gestellten Aufgaben können ihre Fähigkeiten aber nur in Bezug auf das beschrieben werden, was sie nicht können – und sie dürften kaum in der Lage sein, die PISA-Aufgaben anders als durch



Abbildung I.2.17 ■ **Überschneidungen zwischen den besonders leistungsstarken Schülern im Bereich Naturwissenschaften und den besonders leistungsstarken Schülern in den Bereichen Lesekompetenz und Mathematik**



Die Länder/Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem Prozentsatz der nur in Naturwissenschaften und in Naturwissenschaften sowie anderen Bereichen besonders leistungsstarken Schüler angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.9a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432092>



Raten zu lösen. In einigen Ländern ist der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit Leistungen unter Stufe 1b erheblich: In der Dominikanischen Republik sind es 15,8% und im Libanon, in der eJR Mazedonien, in Brasilien, Georgien, Jordanien und Kosovo zwischen 4% und 7% (in absteigender Reihenfolge dieses Anteils)

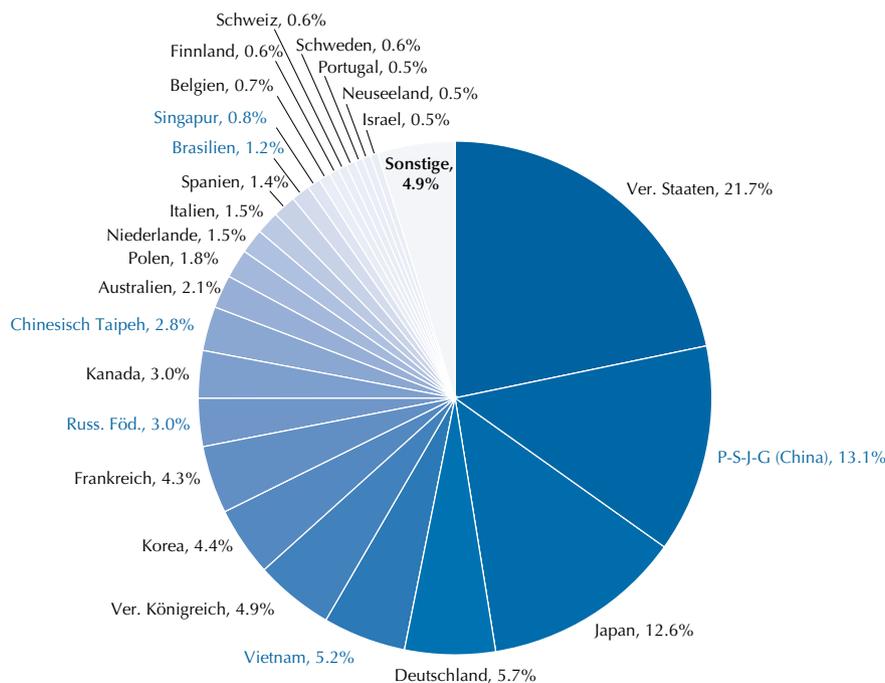
Wo leben die besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften?

In der PISA-Erhebung werden die Leistungen der Schülerinnen und Schüler anhand ihrer Fähigkeit gemessen, zunehmend komplexe Aufgaben zu bewältigen. Nur ein geringer Anteil der Schülerinnen und Schüler erreichte die höchsten Kompetenzstufen – die Stufen 5 und 6 – und kann in den Bereichen Naturwissenschaften, Lesekompetenz oder Mathematik als besonders leistungsstark bezeichnet werden. Noch weniger zahlreich sind die „Alleskönner“, d.h. Schülerinnen und Schüler, die in allen drei Bereichen mindestens Kompetenzstufe 5 erreichen. Diese Schülerinnen und Schüler können Informationen aus verschiedenen Quellen, auch auf indirektem Weg, heranziehen und nutzen, um komplexe Probleme zu lösen, und können Wissen aus verschiedenen Bereichen integrieren. Derart außergewöhnliche Kompetenzen können in einer wettbewerbsorientierten, wissensbasierten globalen Wirtschaft einen bedeutenden Vorteil darstellen.

Abbildung I.2.17 stellt den Anteil der in Naturwissenschaften besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler und den der Alleskönner in den PISA-Teilnehmerländern und -volkswirtschaften dar. Die im Diagramm blau unterlegten Abschnitte geben den Anteil der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler wieder, die in Naturwissenschaften besonders leistungsstark sind, wobei besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften, auch in den Bereichen Lesekompetenz und/oder Mathematik herausragende Leistungen erbringen, durch dunklere Farbtöne gekennzeichnet sind. Die grau unterlegten Abschnitte im linken Teil des Diagramms zeigen den prozentualen Anteil der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler, die in Mathematik und/oder Lesekompetenz, nicht aber in Naturwissenschaften, besonders leistungsstark sind.

In Abbildung I.2.18 ist die Zahl der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler, die auf der PISA-Kompetenzskala Naturwissenschaften die Kompetenzstufen 5 oder 6 erreichten, nach Ländern dargestellt. Während Abbildung I.2.17 den Anteil der Schülerinnen und Schüler in jedem Land darstellt, die die Kompetenzstufen 5 oder 6 erreichten, bleibt unberücksichtigt, dass der Umfang der Schülerpopulation in den einzelnen Ländern variiert. Sowohl der Anteil der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler innerhalb eines Landes als auch die Größe des Landes spielen aber eine Rolle, wenn es darum geht, den Beitrag der Länder zum Pool besonders leistungsstarker Schülerinnen und Schüler zu bestimmen. Obwohl der

Abbildung I.2.18 ■ **Der globale Pool an besonders leistungsstarken Schülern: Eine PISA-Perspektive**
Anteil der einzelnen Ländern/Volkswirtschaften an der Gesamtzahl der besonders leistungsstarken Schüler
im PISA-Naturwissenschaftstest



Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.9c.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432102>



Anteil der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften in den Vereinigten Staaten vergleichsweise gering ist, machen die Vereinigten Staaten ein Fünftel des in Abbildung I.2.18 dargelegten Gesamtpools aus (in dem natürlich nur PISA-Teilnehmerländer berücksichtigt werden), was einfach auf die Größe des Landes und die Gesamtzahl der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler zurückzuführen ist, die die PISA-Stichprobe umfasst.

Im Gegensatz dazu trägt Singapur, das den größten Anteil an 15-jährigen Schülerinnen und Schülern auf den Kompetenzstufen 5 oder 6 der PISA-Gesamtskala Naturwissenschaften aufweist, weniger als 1% zum globalen Pool der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler bei, da die Population relativ klein ist.

Wie aus Abbildung I.2.18 hervorgeht, lebt über die Hälfte der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler im PISA-Naturwissenschaftstest in nur vier Ländern und Volkswirtschaften: den Vereinigten Staaten (22%), P-S-J-G (China) (13%), Japan (13%) und Deutschland (6%). Über 75% des im Rahmen von PISA gemessenen globalen Pools an besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schülern sind in zehn Ländern und Volkswirtschaften zuhause. Zusätzlich zu den vier oben genannten Ländern mit dem größten Talentpool entfallen auf das Vereinigte Königreich und Vietnam jeweils 5%, auf Frankreich und Korea etwa 4% und auf Kanada sowie die Russische Föderation etwa 3% des Beitrags zum globalen Pool der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler. Zusammen betrachtet vereinen die 35 OECD-Länder 72% des globalen Pools an besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schülern auf sich, und auf die 28 Mitgliedsländer der Europäischen Union entfallen 26% dieses Pools (Tabelle I.2.9c).

GESCHLECHTSSPEZIFISCHE LEISTUNGSUNTERSCHIEDE IN NATURWISSENSCHAFTEN

Tabelle I.2.7 bietet einen Überblick über die Leistung der Jungen und Mädchen im PISA-Naturwissenschaftstest. Im Durchschnitt der OECD-Länder lag die mittlere Punktzahl der Jungen im Bereich Naturwissenschaften 4 Punkte über der der Mädchen – was einem statistisch signifikanten, aber numerisch geringfügigen Unterschied entsprach. In 24 Ländern und Volkswirtschaften schnitten Jungen im Durchschnitt signifikant besser ab als Mädchen. Der größte Leistungsvorsprung für Jungen wurde in Österreich, Costa Rica und Italien verzeichnet, wo die Differenz zwischen den Ergebnissen der Jungen und Mädchen über 15 Punkte betrug. In 22 Ländern und Volkswirtschaften schnitten Mädchen im Durchschnitt signifikant besser ab als Jungen. In Albanien, Bulgarien, Finnland, der eJR Mazedonien, Georgien, Jordanien, Katar, Trinidad und Tobago sowie den Vereinigten Arabischen Emiraten lag die mittlere Punktzahl der Mädchen um mehr als 15 Punkte über der der Jungen.

Generell weisen Jungen eine stärkere Leistungsvarianz auf als Mädchen. In allen außer 18 Ländern und Volkswirtschaften (wo der Unterschied nicht signifikant war) war die Leistungsvarianz in Naturwissenschaften (gemessen anhand der Standardabweichung) bei Jungen stärker ausgeprägt als bei Mädchen (Tabelle I.2.7). So fiel im OECD-Durchschnitt der Anteil der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler (deren Leistungen auf Stufe 5 oder darüber lagen) unter Jungen größer aus als unter Mädchen, das Gleiche traf aber auch auf den Anteil der leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler zu (deren Leistungen auf der Gesamtskala Naturwissenschaften unter Stufe 2 lagen). Während 8,9% der Jungen Stufe 5 oder höher erreichten, erzielten nur 6,5% der Mädchen derart hohe Leistungen (Abb. I.2.20). Gleichzeitig gelang es 21,8% der Jungen nicht, im Bereich Naturwissenschaften den Anforderungen des Grundkompetenzniveaus gerecht zu werden, was einem etwas höheren Anteil entsprach als bei den Mädchen (20,7%). (Abb. I.2.19)

In 33 Ländern und Volkswirtschaften war der Anteil der besonders leistungsstarken Schüler in Naturwissenschaften unter Jungen größer als unter Mädchen (Abb. I.2.20). Unter den Ländern, in denen mehr als 1% der Schülerinnen und Schüler zu den besonders leistungsstarken Schülern in Naturwissenschaften zählten, gilt dies vor allem für Österreich, Chile, Irland, Italien, Portugal und Uruguay, wo es sich bei etwa zwei Dritteln der besonders leistungsstarken Schülerinnen und Schüler um Jungen handelte. Finnland war das einzige Land, in dem deutlich mehr Mädchen als Jungen zu den besonders leistungsstarken Schülern gehörten.

Jungen sind im Vergleich zu Mädchen unter den leistungsschwachen Schülern in Naturwissenschaften in 28 Ländern und Volkswirtschaften überrepräsentiert, während Mädchen in 5 Ländern bzw. Volkswirtschaften überrepräsentiert sind (Abb. I.2.19). In den übrigen Ländern und Volkswirtschaften ist der geschlechtsspezifische Unterschied bei den Anteilen der leistungsschwachen und der besonders leistungsstarken Schüler statistisch nicht signifikant.

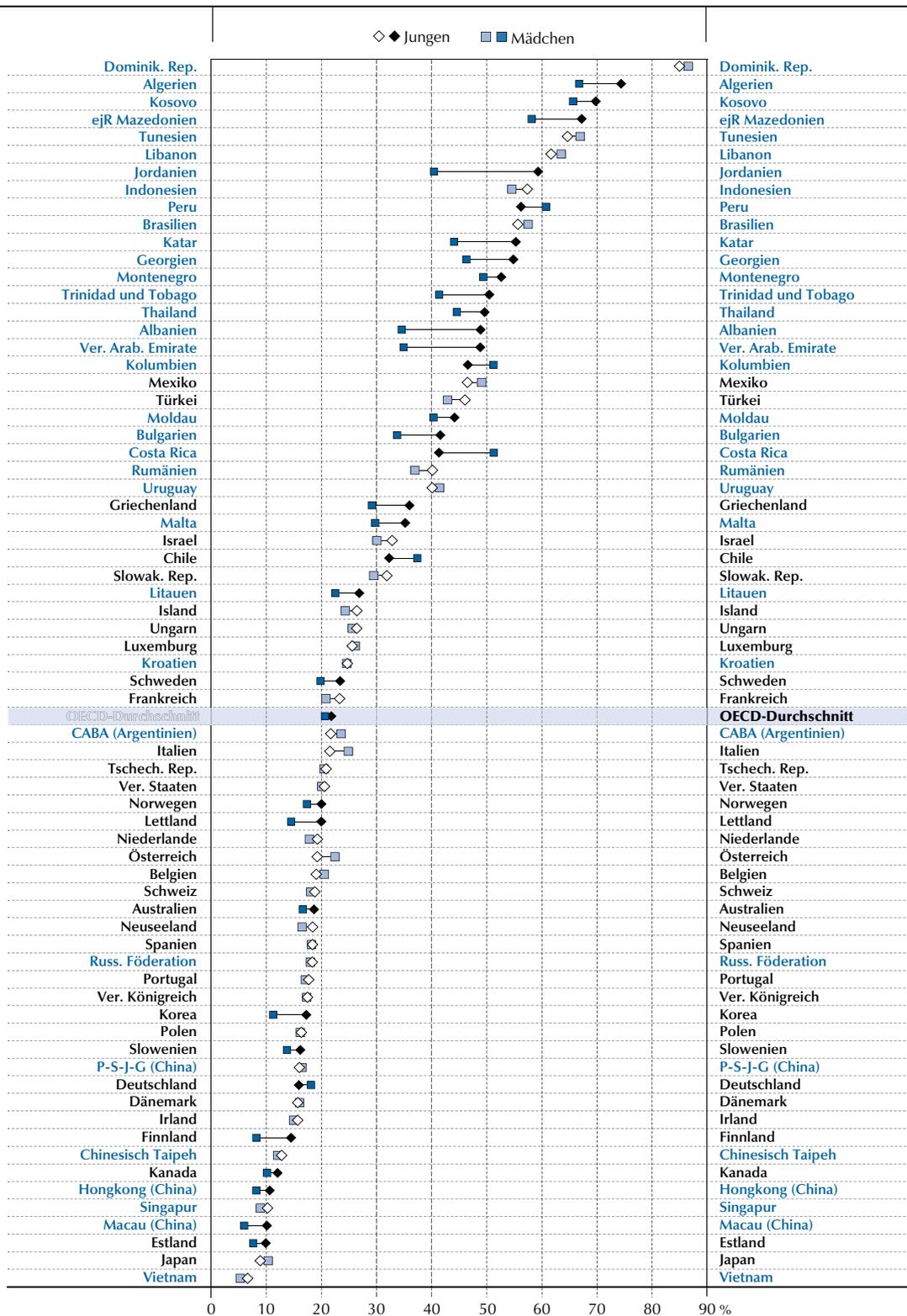
TRENDS BEI DEN SCHÜLERLEISTUNGEN IN NATURWISSENSCHAFTEN

PISA 2015 ist die sechste Erhebungsrunde seit der Lancierung des Programms im Jahr 2000. In jeder PISA-Erhebung werden die Grundqualifikationen der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Naturwissenschaften, Lesekompetenz und Mathematik untersucht, und in jeder Runde stellt eines dieser Fachgebiete den Schwerpunktbereich dar, während die beiden anderen eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. „Was ist PISA?“ am Anfang dieses Bandes).

Die erste umfassende Erhebung in jedem Bereich legt den Maßstab und den Ausgangspunkt für nachfolgende Vergleiche fest. Die Naturwissenschaften bildeten 2006 zum ersten Mal den Schwerpunktbereich und standen in der PISA-Erhebung 2015 erneut im Mittelpunkt. Dies bedeutet, dass es möglich ist, die Veränderung der Schülerleistungen in Naturwissenschaften

Abbildung I.2.19 ■ Geschlechtsspezifische Unterschiede unter leistungsschwachen Schülern in Naturwissenschaften

Prozentsatz der Jungen und Mädchen, deren Leistungen auf der Gesamtskala Naturwissenschaften unter Stufe 2 liegen



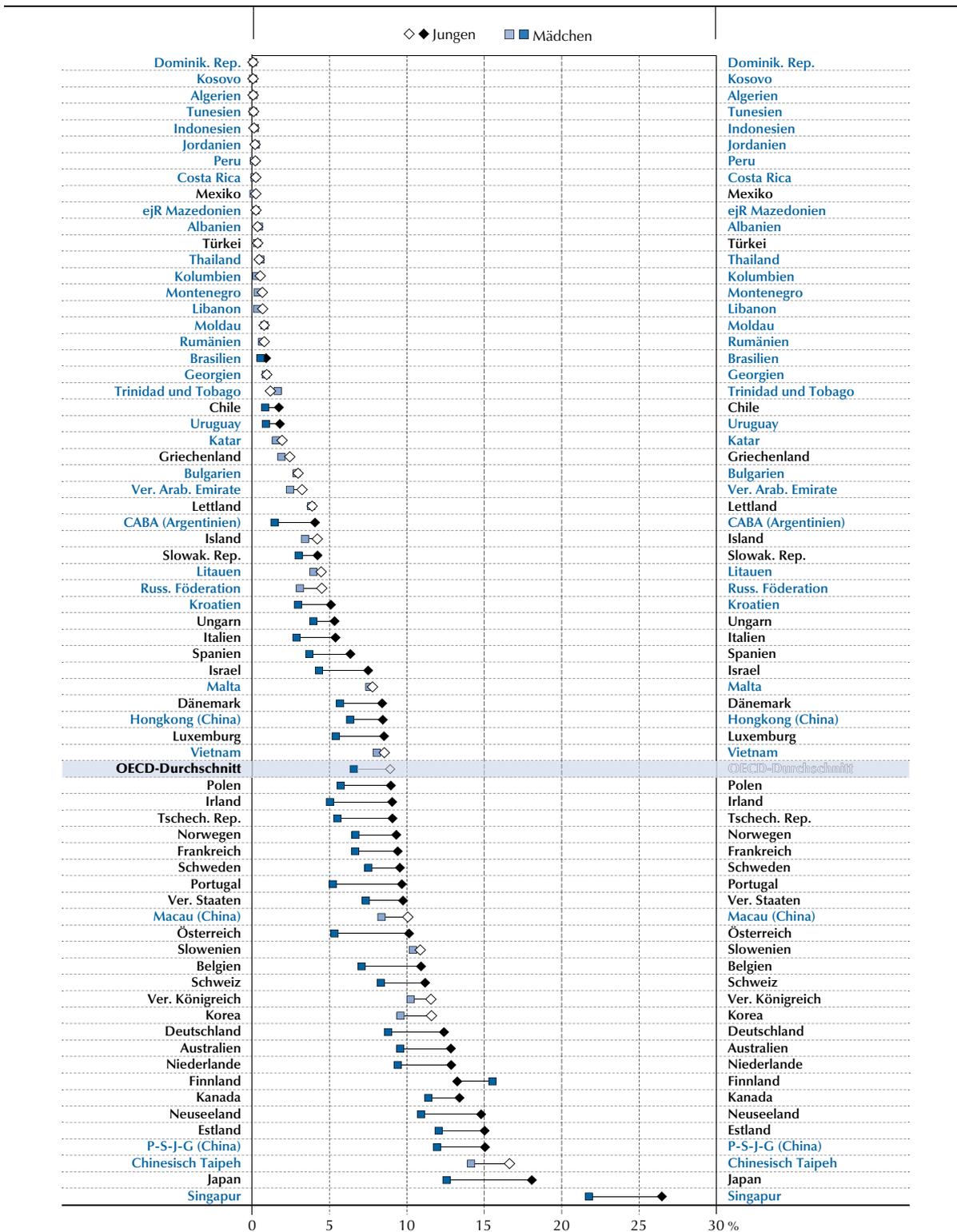
Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3). Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem Prozentsatz der leistungsschwachen Jungen angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.6a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432113>



Abbildung I.2.20 ■ **Geschlechtsspezifische Unterschiede unter besonders leistungsstarken Schülern in Naturwissenschaften**
 Prozentsatz der Jungen und Mädchen, deren Leistungen auf der Gesamtskala Naturwissenschaften auf Stufe 5 oder darüber liegen



Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3). Die Länder und Volkswirtschaften sind in aufsteigender Reihenfolge nach dem Prozentsatz der besonders leistungsstarken Jungen angeordnet.
 Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.6a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432129>



zwischen PISA 2015 und allen früheren PISA-Erhebungen ab PISA 2006 zu messen; PISA 2000 und 2003 können allerdings nicht zum Vergleich herangezogen werden. Der verlässlichste Ansatz, um Trends bei den Schülerleistungen in Naturwissenschaften zu ermitteln, besteht darin, alle verfügbaren Ergebnisse zwischen 2006 und 2015 zu vergleichen.

Die tendenzielle Entwicklung der Schülerleistungen gibt Aufschluss darüber, ob und wie sich die Schulsysteme verbessern. Daten zu den Leistungstrends in Naturwissenschaften stehen für 64 Länder und Volkswirtschaften zur Verfügung, die an PISA 2015 teilnahmen. Für 51 dieser Länder und Volkswirtschaften liegen Ergebnisse in Naturwissenschaften aus PISA 2015 und den drei früheren vergleichbaren PISA-Erhebungen vor (2006, 2009 und 2012), 5 Länder und Volkswirtschaften verfügen über Ergebnisse aus der Erhebung 2015 und zwei weiteren Erhebungen und 8 Länder und Volkswirtschaften über Resultate aus dem Jahr 2015 und einer früheren Erhebung.

Um die tendenzielle Entwicklung der Schülerleistungen eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft besser nachvollziehen zu können und die Zahl der Länder in den Vergleichen zu erhöhen, richtet sich das Augenmerk in diesem Bericht auf den durchschnittlichen Dreijahrestrend bei den Schülerleistungen. Der Dreijahrestrend steht für die durchschnittliche Veränderungsrate, die pro Dreijahresintervall im verfügbaren Zeitraum zu beobachten ist (drei Jahre entsprechen dem typischen Intervall, das zwischen zwei PISA-Erhebungen liegt; die Größenordnung des durchschnittlichen Dreijahrestrends kann daher unmittelbar mit der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Erhebungen, z.B. PISA 2012 und PISA 2015, beobachteten Veränderung verglichen werden). Für Länder und Volkswirtschaften, die an allen vier PISA-Erhebungen teilgenommen haben, werden im durchschnittlichen Dreijahrestrend alle vier Zeitpunkte berücksichtigt, während bei Ländern mit validen Daten für weniger Erhebungen nur die validen und verfügbaren Informationen zugrunde gelegt werden.

Die Methoden, die der Analyse von Leistungstrends in internationalen Bildungsstudien zugrunde liegen, sind komplex (vgl. Anhang A5). Um die Vergleichbarkeit sukzessiver PISA-Ergebnisse zu gewährleisten, muss eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein.

Erstens müssen die sukzessiven Erhebungen eine ausreichende Zahl von gemeinsamen Erhebungselementen enthalten, damit die Ergebnisse auf derselben Skala dargestellt werden können. Der enthaltene Aufgabenkatalog muss die verschiedenen Aspekte des Rahmenkonzepts für jeden Bereich angemessen abdecken. Da die Ergebnisse von Kasachstan 2015 ausschließlich auf Multiple-Choice-Aufgaben basieren, können sie weder zuverlässig mit den Ergebnissen anderer Länder noch mit seinen eigenen Ergebnissen aus früheren Erhebungen verglichen werden (vgl. Anhang A4 wegen näherer Einzelheiten).

Zweitens muss die Schülerstichprobe in sukzessiven Erhebungen in gleichem Maße für die Zielpopulation repräsentativ sein, weshalb im Zeitverlauf nur Ergebnisse von Stichproben verglichen werden können, die strengen Standards entsprechen, wie sie für PISA aufgestellt wurden. Trotz ihrer Teilnahme an den sukzessiven PISA-Erhebungen können für einige Länder und Volkswirtschaften nicht alle PISA-Ergebnisse im Zeitverlauf verglichen werden. So wurden z.B. die Stichproben für Malaysia 2015 den in Bezug auf die Beteiligungsquote geltenden PISA-Standards nicht gerecht, weshalb Vergleiche mit PISA 2015 für Malaysia nicht angegeben werden können. Die PISA-Stichprobe von 2015 für Argentinien erfasste nicht die gesamte Zielpopulation, was auf die potenzielle Ausklammerung von Schulen aus dem Stichprobenrahmen zurückzuführen ist, außer für die Region der Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentinien) (im Folgenden „CABA (Argentinien)“), deren Stichproben international überprüft wurden; folglich können nur die Ergebnisse für die CABA (Argentinien) im Zeitverlauf verglichen werden (vgl. Anhang A4 wegen näherer Einzelheiten).

Selbst wenn die PISA-Stichproben die Zielpopulation (15-Jährige, die mindestens Klasse 7 besuchen) richtig widerspiegeln, können Veränderungen der Schulbesuchsquoten und demografische Veränderungen die Interpretation der Trends beeinträchtigen. Um zwischen Veränderungen zu unterscheiden, die sich auf äquivalente Populationen auswirken, und Veränderungen, die die Zusammensetzung der Zielpopulation betreffen, werden zusätzlich zur grundlegenden Messgröße der Leistungsveränderung von einer PISA-Stichprobe zur nächsten bereinigte Trends angegeben, die Veränderungen in der Population Rechnung tragen.

Drittens müssen die Testbedingungen im Zeitverlauf hinreichend ähnlich sein, so dass die Schülerleistungen im betreffenden Test dieselben zugrunde liegenden Kompetenzen im jeweiligen Bereich widerspiegeln¹⁰. Die Äquivalenz der Trenditems im Zeitverlauf zu gewährleisten, ist im Kontext von PISA 2015 besonders wichtig, da die meisten Länder und Volkswirtschaften, die an der Erhebung teilnahmen, den Test am Computer durchführten (vgl. Kasten I.2.3 und Anhang A5).

Viertens muss dieselbe Vergleichsskala verwendet werden, um das Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln. In PISA wird die Vergleichsskala in jeder Erhebungsrunde neu geschätzt und dann mit der Skala gleichgesetzt, die erstmals konstruiert wurde, als ein Bereich Schwerpunktbereich war. Die mit dem Equating der Skalen verbundene Unsicherheit wird bei der Berechnung der Signifikanz von Veränderungen oder Trendschätzungen berücksichtigt (vgl. Kasten I.2.2). Im Rahmen von PISA 2015 wurden mehrere Änderungen bei der Skalierung des Tests vorgenommen. Anhang A5 beschreibt die technischen Einzelheiten dieser Änderungen, und wie sie sich auf die Trendvergleiche auswirken.



Kasten I.2.3 Können die Ergebnisse in Naturwissenschaften aus früheren PISA-Erhebungen mit den Ergebnissen aus dem computergestützten PISA-Naturwissenschaftstest 2015 verglichen werden?

PISA zielt darauf ab, zu bestimmten Zeitpunkten die Kenntnisse und Kompetenzen zu messen, die für eine volle gesellschaftliche und wirtschaftliche Teilhabe erforderlich sind. Da sich diese im Zeitverlauf langsam weiterentwickeln, werden das PISA-Rahmenkonzept und die zur Evaluierung der Schülerleistungen in den Bereichen Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften eingesetzten Instrumente alle neun Jahre überprüft. Diese regelmäßige Überprüfung des Rahmenkonzepts und der Instrumente bietet zudem die Möglichkeit, PISA an neue Entwicklungen bei den Erhebungstechniken und die neuesten Erkenntnisse über kognitive Prozesse anzupassen, die den Schülerleistungen in jedem Bereich zugrunde liegen.

Die PISA-Erhebung 2015 fiel mit der Erstellung eines aktualisierten Rahmenkonzepts für Naturwissenschaften, dem Schwerpunktbereich, zusammen, sowie mit der Entwicklung neuer Items, die alle Aspekte dieses aktualisierten Rahmenkonzepts erfassen. Die bereits existierenden, in PISA 2006, 2009 und 2012 verwendeten Items (Trenditems) wurden vor dem Hintergrund des aktualisierten Rahmenkonzepts ebenfalls überprüft.

Ein großer Unterschied zu den früheren Naturwissenschaftstests besteht in der Beantwortung der Testfragen am Computer. Die meisten Länder und Volkswirtschaften, die an PISA 2015 teilnahmen, darunter alle OECD-Länder, evaluierten die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler am Computer (vgl. „Was ist PISA?“ am Anfang dieses Bandes). Damit sich die Ergebnisse in diesem Test mit denen früherer Schülerkohorten in den bisherigen Papier- und Bleistift-Tests vergleichen lassen, musste zuerst die Äquivalenz zwischen den papiergestützten und den computergestützten Instrumenten hergestellt werden (Janssen, 2011).

Die Papier- und Computertests sind im Rahmen von PISA durch gemeinsame Items (sogenannte „Link-Items“ bzw. „Link-Aufgaben“) miteinander verknüpft, wobei alle dieser Items ursprünglich für die Papier- und Bleistift-Tests der früheren PISA-Erhebungsrunden entwickelt worden waren. Im Feldtest für PISA 2015 wurde die Äquivalenz der Link-Items zwischen den computergestützten und den papiergestützten Versionen getestet. Dabei wurde zwischen zwei Stufen der Äquivalenz unterschieden: skalare (starke) und metrische (schwache) Äquivalenz (Davidov, Schmidt und Billiet, 2011; Meredith, 1993). Nur Items, die den Äquivalenztest bestanden, wurden für die Hauptidehebung ausgewählt, wovon die Mehrheit der Items (61 von 85 im Bereich Naturwissenschaften) die höchste Stufe der Invarianz erreichte und als Link-Items für Naturwissenschaften verwendet wurde.

Der Vergleich der aktuellen PISA-Ergebnisse mit früheren PISA-Ergebnissen oder der Vergleich der PISA-Ergebnisse eines Landes mit den PISA-Ergebnissen eines anderen Landes wird durch die hohe Zahl der Link-Items gestützt, die die höchste Stufe der Äquivalenz (skalare Invarianz) aufweisen. Anhang A5 und der *PISA 2015 Technical Report* (OECD, erscheint demnächst) liefern Einzelheiten über die Zahl der skalar invarianten Items für die anderen Bereiche sowie über die Moduseffektuntersuchung, die im Rahmen des Feldtests für PISA 2015 durchgeführt wurde.

Zudem nahmen nicht alle Länder an allen PISA-Erhebungen teil. Bei der Berechnung des OECD-Durchschnitts der Leistungsveränderungen und Leistungstrends im Bereich Naturwissenschaften werden nur Länder mit validen Vergleichsdaten berücksichtigt. Während für Vergleiche der Ergebnisse in Naturwissenschaften zwischen 2006 und 2015 Daten aus allen 35 OECD-Mitgliedsländern verwendet werden, können nur 34 OECD-Länder ihre Ergebnisse von 2009 und 2015 miteinander vergleichen. Aus diesem Grund enthalten Tabellen und Abbildungen, die Trends bei den Schülerleistungen in Naturwissenschaften darstellen, häufig zwei unterschiedliche Durchschnittswerte – den OECD35-Durchschnitt, der alle OECD-Länder umfasst, und den OECD34-Durchschnitt, bei dem Österreich ausgeklammert ist.

Durchschnittlicher Dreijahrestrend bei den Schülerleistungen

Der durchschnittliche Dreijahrestrend wird als wichtigste Messgröße der tendenziellen Entwicklung der Leistungen eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft in den Bereichen Naturwissenschaften, Lesekompetenz und Mathematik verwendet. Der durchschnittliche Dreijahrestrend für den Mittelwert entspricht der durchschnittlichen Rate, mit der sich der Mittelwert eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft in den Bereichen Mathematik, Lesekompetenz und Naturwissenschaften je aufeinanderfolgendem Dreijahreszeitraum im Verlauf seiner Teilnahme an den PISA-Erhebungen verändert hat. Ferner entspricht der durchschnittliche Dreijahrestrend für den Medianwert (die Punktzahl, die die Bevölkerung in zwei gleiche Hälften aufteilt – von denen eine über und eine unter dem Medianwert liegt) der durchschnittlichen Rate, mit der sich der



Medianwert eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft in den Bereichen Mathematik, Lesekompetenz und Naturwissenschaften je aufeinanderfolgendem Dreijahreszeitraum im Verlauf seiner Teilnahme an den PISA-Erhebungen verändert hat. Das Dreijahresintervall wurde gewählt, weil es dem gewöhnlichen Intervall entspricht, das zwischen zwei PISA-Erhebungen liegt. So deutet ein positiver durchschnittlicher Dreijahrestrend von x Punkten darauf hin, dass das Land bzw. die Volkswirtschaft seine/ihre Leistungen seit der ersten PISA-Erhebung, aus der vergleichbare Ergebnisse vorliegen, in jeder PISA-Erhebungsrunde im Durchschnitt um x Punkte verbessert hat. Im Fall von Ländern und Volkswirtschaften, die nur an zwei PISA-Erhebungen teilgenommen haben, entspricht der durchschnittliche Dreijahrestrend der Punktzahldifferenz zwischen den beiden Erhebungen, dividiert durch die Zahl der Jahre, die zwischen den Erhebungen verstrichen sind, und multipliziert mit drei.

Der durchschnittliche Dreijahrestrend ist eine robustere Messgröße der Fortschritte, die ein Land bzw. eine Volkswirtschaft bei der Verbesserung der Bildungsergebnisse erzielt hat, als die einfache Differenz zwischen zwei Zeitpunkten, da er auf Informationen aus allen Erhebungen basiert. Im Fall von Ländern, die an mehr als zwei PISA-Erhebungen teilgenommen haben, reagiert er dementsprechend weniger auf statistische Schwankungen, die die PISA-Leistungstrends eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft verändern könnten, wenn die Ergebnisse nur zwischen zwei Erhebungen verglichen werden. Diese Robustheit lässt allerdings eine Beschleunigung, Verlangsamung oder Umkehr der Veränderungsrate unberücksichtigt, da beim durchschnittlichen Dreijahrestrend unterstellt wird, dass die Veränderungsrate im Betrachtungszeitraum kontinuierlich ist (linearer Trend). Der durchschnittliche Dreijahrestrend trägt auch der Tatsache Rechnung, dass der Zeitraum zwischen zwei PISA-Erhebungen in einigen Ländern und Volkswirtschaften weniger als drei Jahre beträgt. Das ist für jene Länder und Volkswirtschaften der Fall, die im Rahmen von PISA+ an der PISA-Erhebung 2009 teilnahmen: Sie führten die Erhebung im Jahr 2010 statt im Jahr 2009 durch.

Tabelle I.2.4a zeigt den durchschnittlichen Dreijahrestrend für den Mittelwert in Naturwissenschaften. Tabelle I.2.4b stellt den Dreijahrestrend für das 10., 25., 75. und 90. Perzentil dar, ebenso wie für den Medianwert (50. Perzentil) in Naturwissenschaften.

Im Durchschnitt der OECD-Länder, für die vergleichbare Daten aus PISA 2006 und PISA 2015 vorliegen, blieben die Leistungen insgesamt konstant (zu beobachten war ein nicht signifikanter Rückgang um 1,4 Punkte alle drei Jahre). Die im Durchschnitt festzustellende Stabilität verdeckt jedoch die in vielen Ländern und Volkswirtschaften beobachteten signifikanten Veränderungen. Von den 64 Ländern und Volkswirtschaften mit validen Ergebnissen aus mehr als einer PISA-Erhebungsrunde wiesen 31 (in etwa die Hälfte) keine signifikante Veränderung der mittleren Punktzahl auf, 15 verzeichneten eine signifikante durchschnittliche Leistungsverbesserung in Naturwissenschaften, und in 18 war eine signifikante durchschnittliche Leistungsver schlechterung festzustellen.

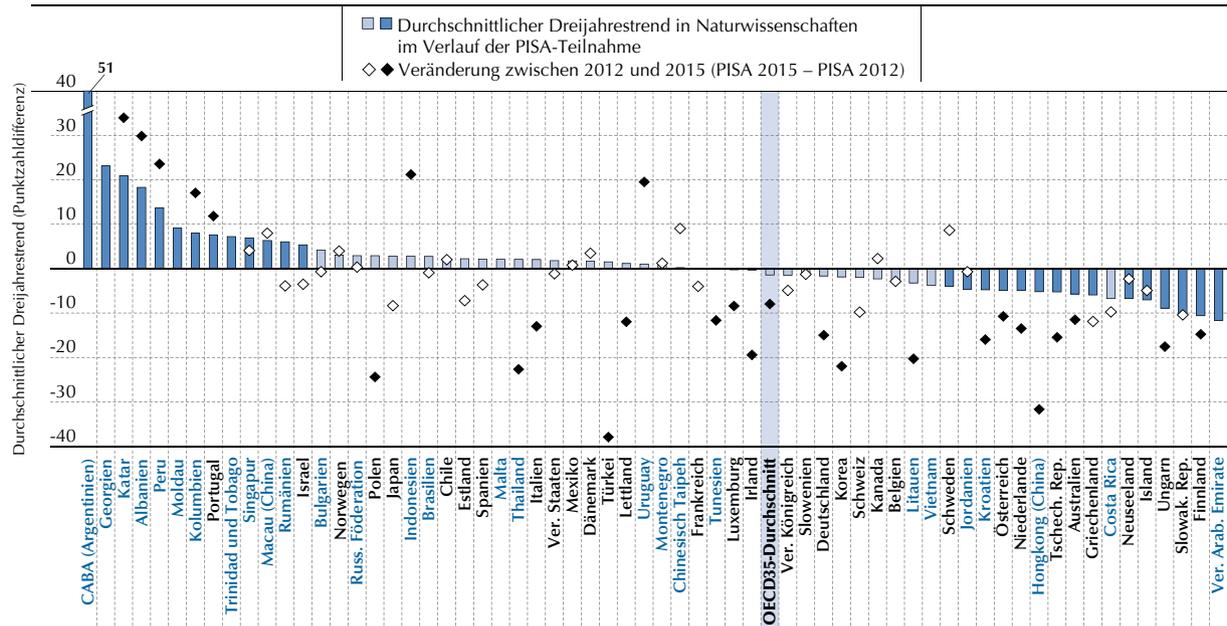
Wie Abbildung I.2.21 zu entnehmen ist, verbesserten sich die Schülerleistungen in Naturwissenschaften in der CABA (Argentinien), in Georgien und Katar um über 20 Punkte alle drei Jahre seit der ersten PISA-Teilnahme dieser Länder bzw. Volkswirtschaften (Georgien nahm allerdings nur an PISA 2009 und PISA 2015 teil, und die CABA (Argentinien) nahm als separate Einheit, deren Stichproben international überprüft wurden, erst ab PISA 2012 teil). In Albanien, Moldau und Peru erhöhten sich die Ergebnisse alle drei Jahre seit 2009 um 9–20 Punkte, und Kolumbien wies im Verlauf seiner PISA-Teilnahme (seit 2006) eine Leistungsverbesserung um durchschnittlich 8 Punkte alle drei Jahre auf.

Im OECD-Raum wurden Verbesserungen bei den Durchschnittsergebnissen in Naturwissenschaften in Portugal (mit einer durchschnittlichen Verbesserung um mehr als 7 Punkte alle drei Jahre), Israel (rd. 5 Punkte alle drei Jahre), Norwegen und Polen (rd. 3 Punkte alle drei Jahre) beobachtet. Die Partnerländer und -volkswirtschaften Macau (China), Rumänien, Singapur sowie Trinidad und Tobago verzeichneten ebenfalls signifikante Verbesserungen in dem Zeitraum, in dem sie an PISA teilnahmen. (Von diesen Ländern und Volkswirtschaften nahmen nur Macau (China) und Rumänien an allen vier Erhebungsrunden zwischen 2006 und 2015 teil.)

Unter den 15 Ländern und Volkswirtschaften, die einen negativen durchschnittlichen Dreijahrestrend aufweisen, verfügen 13 über vergleichbare Daten für alle vier Erhebungen zwischen PISA 2006 und PISA 2015, während die Vereinigten Arabischen Emirate erst ab PISA 2012 teilnahmen und in Österreich die Ergebnisse aus PISA 2009 nicht mit denen aus früheren oder späteren PISA-Erhebungen verglichen werden können (vgl. Anmerkung 9 am Ende dieses Kapitels). In Finnland, der Slowakischen Republik und den Vereinigten Arabischen Emiraten verschlechterten sich die Schülerleistungen in Naturwissenschaften im Durchschnitt um mehr als 10 Punkte alle drei Jahre (bei Annahme einer kontinuierlichen Veränderungsrate). Die Leistungen in Australien, der Tschechischen Republik, Griechenland, Hongkong (China), Ungarn, Island und Neuseeland verschlechterten sich um 5–10 Punkte alle drei Jahre, während die mittlere Punktzahl in Naturwissenschaften in Österreich, Kroatien, Jordanien, den Niederlanden und Schweden im Durchschnitt um weniger als 5 Punkte alle drei Jahre zurückging.



Abbildung I.2.21 ■ Durchschnittlicher Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften seit 2006



Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3).

Der durchschnittliche Dreijahrestrend entspricht der durchschnittlichen Veränderungsrate je Dreijahreszeitraum zwischen den ersten verfügbaren PISA-Ergebnissen und PISA 2015. Für Länder und Volkswirtschaften mit mehr als einer verfügbaren Messung wird der durchschnittliche Dreijahrestrend anhand eines linearen Regressionsmodells ermittelt. In diesem Modell wird berücksichtigt, dass Costa Rica, Georgien, Malta und Moldau PISA 2009 im Jahr 2010 im Rahmen von PISA 2009+ durchführten. Bei Ländern und Volkswirtschaften, für die lediglich aus PISA 2012 und PISA 2015 vergleichbare Daten vorliegen, deckt sich der durchschnittliche Dreijahrestrend mit der Veränderung zwischen 2012 und 2015.

Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus PISA 2015 und mindestens einer früheren Erhebung.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem durchschnittlichen Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.4a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432133>

Veränderungen der Schülerleistungen in Naturwissenschaften zwischen 2012 und 2015

Für Länder, die sowohl an PISA 2012 als auch an PISA 2015 teilgenommen haben, zeigt Abbildung I.2.21 auch die Veränderung der PISA-Ergebnisse im jüngsten Betrachtungszeitraum. Bei der Gegenüberstellung der in den drei Jahren zwischen 2012 und 2015 registrierten Veränderung (durch Rauten gekennzeichnet) mit dem über einen längeren Zeitraum beobachteten durchschnittlichen Dreijahrestrend (durch Balken angegeben) lässt sich beurteilen, ob die im jüngsten Betrachtungszeitraum verzeichnete Verbesserung bzw. Verschlechterung eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft den über einen längeren Zeitraum beobachteten Trend bestätigt oder widerlegt. Im Fall von Ländern, für die valide Daten nur aus PISA 2012 und PISA 2015 verfügbar sind, decken sich die beiden Werte (daher sind keine Rauten wiedergegeben); liegen aber Daten aus mehr als zwei Erhebungen vor, sind die beiden Werte in der Regel nicht zwangsläufig deckungsgleich, wobei langfristige Trends genauer geschätzt werden können als kurzfristige Veränderungen. Die Ergebnisse fielen im OECD-Durchschnitt 2015 und 2006 ähnlich aus, waren aber 2015 (um 8 Punkte) deutlich niedriger als die von 2012.

Unter den Ländern bzw. Volkswirtschaften, die einen signifikanten, negativen Trend aufweisen, haben sich die Durchschnittsergebnisse in Naturwissenschaften in Kroatien, der Tschechischen Republik und Hongkong (China) im jüngsten Betrachtungszeitraum um mehr als 10 Punkte rascher verschlechtert als die im Lauf der verschiedenen PISA-Erhebungen beobachtete durchschnittliche Veränderungsrate, was auf eine zwischen 2006 und 2012 beobachtete Beschleunigung oder Umkehr des Trends hindeutet. Im Gegensatz dazu ist in Schweden im jüngsten Zeitraum eine nicht signifikante Verbesserung um 9 Punkte festzustellen. Dies entspricht einer Verlangsamung oder vielleicht einer Umkehr des negativen Trends, der über den längeren Zeitraum zu beobachten war.

Unter den Ländern, die einen signifikanten, positiven Trend aufweisen, haben sich die Durchschnittsergebnisse in Naturwissenschaften in Albanien und Katar zwischen 2012 und 2015 um mehr als 10 Punkte rascher verbessert als die im Lauf der verschiedenen PISA-Erhebungsrunden beobachtete durchschnittliche Veränderungsrate, was auf eine mögliche Beschleunigung des Trends hindeutet.



Einige Länder bzw. Volkswirtschaften, die weder einen signifikant positiven noch einen signifikant negativen Trend aufweisen, verzeichneten im Durchschnitt im jüngsten Betrachtungszeitraum dennoch eine signifikante Verbesserung oder Verschlechterung. So erzielten z.B. Deutschland, Irland, Italien, Korea, Lettland, Litauen, Luxemburg, Polen, Thailand, Tunesien und die Türkei¹¹ 2015 signifikant schlechtere Durchschnittsergebnisse als 2012. Demgegenüber erreichten Indonesien und Uruguay 2015 eine signifikant höhere Punktzahl als 2012, wobei über den längeren Zeitraum dort allerdings keine signifikante durchschnittliche Verbesserung zu beobachten war.

Durchschnittlicher Dreijahrestrend bei den Schülerleistungen, nach Berücksichtigung von Veränderungen der Schulbesuchsquoten

Veränderungen der Leistungen in Naturwissenschaften eines Landes oder einer Volkswirtschaft können viele Ursachen haben. In einigen Ländern kann ein Leistungsrückgang auf eine geringere Bildungsqualität als in der Vergangenheit zurückzuführen sein. In anderen Fällen kann aber ein ähnlicher Rückgang tatsächlich eine Verbesserung der Kapazität der Bildungssysteme widerspiegeln, Schüler zu integrieren, die in den Vorjahren keine Schule besucht hätten oder die im Alter von 15 Jahren noch immer in die Grundschule gegangen wären. Veränderungen können auch durch demografische Verschiebungen in der Bevölkerung eines Landes bedingt sein. Durch die Einhaltung strenger Stichproben- und Methodenstandards stellt PISA sicher, dass alle Länder und Volkswirtschaften die Leistungen ihrer 15-jährigen Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften in Klassenstufe 7 oder höher messen; aufgrund von Veränderungen der Schulbesuchsquoten, Migrationsbewegungen oder sonstigen demografischen und gesellschaftlichen Trends können sich die Merkmale der Referenzpopulation jedoch verändern.

Bereinigte Trends neutralisieren einige der bei der Zusammensetzung und dem Erfassungsgrad der PISA-Stichprobe beobachteten Veränderungen, so dass sich manche der Ursachen der beobachteten Trends ermitteln lassen. In diesem Band werden zwei Arten von bereinigten Trends vorgestellt. Die erste trägt Veränderungen der Schulbesuchsquoten im Zeitverlauf Rechnung und wird in diesem Abschnitt erörtert. Die zweite berücksichtigt Veränderungen bei Alter (in Quartilen gemessen), Geschlecht sowie Migrationshintergrund und wird im nächsten Abschnitt präsentiert. Anhang A5 liefert Einzelheiten zur Berechnung dieser bereinigten Trends.

In den letzten zehn Jahren haben viele Länder – vor allem der unteren und mittleren Einkommensgruppe – große Anstrengungen unternommen, um sicherzustellen, dass jedes Kind (mindestens) die Grundschule abschließt, und um die Abbrecherquoten im Sekundarbereich zu reduzieren. Manche Länder, wie Brasilien und die Türkei, haben die Pflichtschulzeit bis zum Alter von über 15 Jahren verlängert, und diese Reformen sind mit einem beträchtlichen Anstieg des Anteils der in der PISA-Zielpopulation berücksichtigten 15-Jährigen einhergegangen. Diese Ausweitung der Bildungsmöglichkeiten erschwert allerdings die Interpretation der für die betreffenden Länder beobachteten Leistungstrends.

Es ist unmöglich, mit Sicherheit zu sagen, wie die PISA-Ergebnisse der 15-Jährigen ausgefallen wären, die keine Schule besuchten oder die noch immer in Klassenstufe 1 bis 6 gingen, wenn sie getestet worden wären. Ohne Zuordnung einer genauen Punktzahl darf dennoch mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, dass diese Schülerinnen und Schüler in der unteren Hälfte der Leistungsverteilung eines Landes gelegen hätten (vgl. Hanushek und Woessmann, 2008; Spaul und Taylor, 2015; Taylor und Spaul, 2015; sowie Anmerkung 8 am Ende dieses Kapitels wegen der einschlägigen Annahmen). Unter dieser Voraussetzung ist es möglich, im Zeitverlauf die Veränderung des Medianwerts der 15-Jährigen in einem Land zu erfassen – d.h. das Mindestniveau, das mindestens 50% der Population der 15-Jährigen des Landes bzw. der Volkswirtschaft erreichen. Ferner lässt sich die Veränderung des Anteils der 15-Jährigen berechnen (sowohl jener, die eine Schule besuchen, als auch jener, die keine Schule besuchen), die in PISA höhere Leistungsniveaus erreichen.

Abbildung I.2.22 stellt den durchschnittlichen Dreijahrestrend für den Medianwert der 15-Jährigen dar, nach Berücksichtigung von Veränderungen im Zeitverlauf beim Anteil der 15-Jährigen, der durch die PISA-Stichprobe repräsentiert wird (Erfassungsindex 3). In dieser Abbildung sind nur Länder berücksichtigt, in denen sich der Erfassungsindex 3 für PISA im Durchschnitt um mehr als 3 Prozentpunkte alle drei Jahre erhöht hat (vgl. Kapitel 6 wegen einer Erörterung des Erfassungsindex 3).

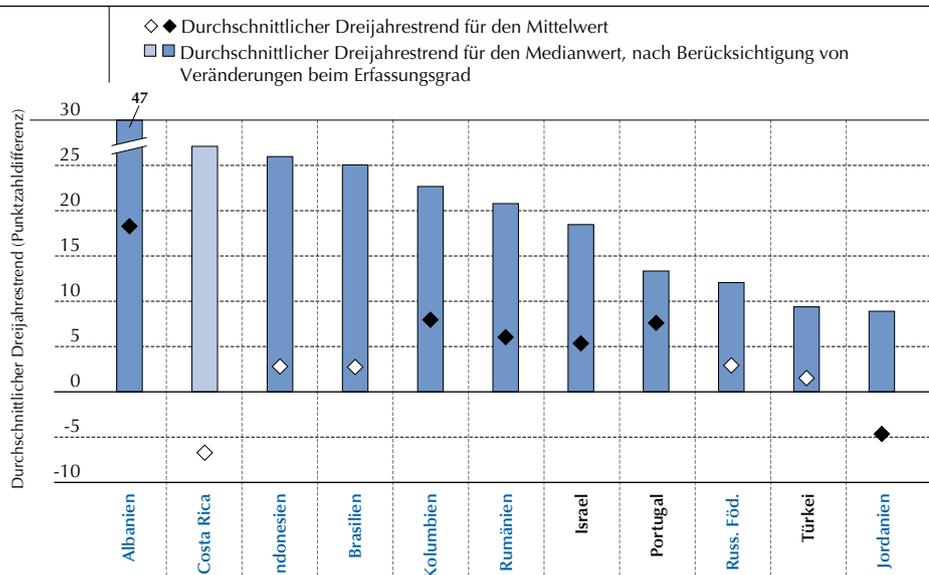
Der bereinigte Trend für den Medianwert, der in Abbildung I.2.22 (und für alle Länder in Tabelle I.2.4d) dargestellt ist, neutralisiert beim Erfassungsgrad der Population der 15-Jährigen den Effekt von Veränderungen im Zeitverlauf. Diese Veränderungen hängen mit Unterschieden bei der Selektivität in der Sekundarschulbildung zusammen. Ein positiver bereinigter Trend für den Medianwert lässt darauf schließen, dass sich die Bildungsqualität für die meisten 15-Jährigen verbessert hat, d.h. das von der Mehrheit der 15-Jährigen erreichte Mindestniveau hat sich im Zeitverlauf erhöht. Anhand eines Vergleichs des bereinigten Trends für den Medianwert mit dem über einen ähnlichen Zeitraum beobachteten (nicht bereinigten) Trend für den PISA-Mittelwert lässt sich beurteilen, inwieweit Unterschiede beim Erfassungsgrad der Stichprobe, insbesondere jene, die die Expansion der Sekundarschulbildung betreffen, die Trends beeinflussen.

Elf Länder und Volkswirtschaften weisen einen durchschnittlichen Anstieg des Erfassungsgrads der PISA-Stichprobe um mindestens 3 Prozentpunkte alle drei Jahre auf, was darauf schließen lässt, dass die Sekundarschulbildung bis zum Alter von



Abbildung I.2.22 ■ **Durchschnittlicher Dreijahrestrend für den Medianwert in Naturwissenschaften seit 2006, nach Berücksichtigung von Veränderungen beim Erfassungsgrad**

Ausgewählte Länder



Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede beim durchschnittlichen Dreijahrestrend sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3). Der durchschnittliche Dreijahrestrend entspricht der durchschnittlichen Veränderungsrate je Dreijahreszeitraum zwischen den ersten verfügbaren PISA-Ergebnissen und PISA 2015. Für Länder und Volkswirtschaften mit mehr als einer verfügbaren Messung wird der durchschnittliche Dreijahrestrend anhand eines linearen Regressionsmodells ermittelt.

In dieser Abbildung sind nur Länder berücksichtigt, in denen sich der Erfassungsindex 3 für PISA im Durchschnitt seit 2006 um mehr als 3% alle drei Jahre erhöht hat.

Die Länder sind in absteigender Reihenfolge nach dem durchschnittlichen Dreijahrestrend für den Medianwert in Naturwissenschaften, nach Berücksichtigung von Veränderungen beim Erfassungsgrad, angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.4a und I.2.4d.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432142>

15 Jahren in diesen Ländern seit 2006 (bzw. seit der ersten PISA-Teilnahme des Landes) inklusiver geworden ist. Von diesen elf Ländern und Volkswirtschaften verzeichnet Jordanien einen signifikant negativen Trend für den Mittelwert, während in Brasilien, Costa Rica, Indonesien, der Russischen Föderation und der Türkei nicht signifikante Leistungstrends zu beobachten sind und in den übrigen fünf (Albanien, Kolumbien, Israel, Portugal und Rumänien) ein signifikanter positiver Trend bei der mittleren Punktzahl festzustellen ist (Tabelle I.2.4a und I.2.4d).

In allen diesen Ländern und Volkswirtschaften hat sich jedoch das Leistungsniveau, das mindestens 50% ihrer 15-Jährigen erreichen (der bereinigte Medianwert), zwischen 2006 und 2015 (bzw. seit der ersten verfügbaren Erhebung) deutlich erhöht, außer in Costa Rica, wo der Anstieg nicht signifikant ist. Ferner ist das von den leistungsstärksten 25% der 15-Jährigen erreichte Leistungsniveau (bereinigtes 75. Perzentil) bzw. das von den leistungsstärksten 10% der 15-Jährigen erreichte Leistungsniveau (bereinigtes 90. Perzentil) in Albanien, Brasilien, Kolumbien, Israel, Macau (China), Portugal, Rumänien und der Türkei im gleichen Zeitraum ebenfalls gestiegen (wobei der in der Russischen Föderation und Indonesien beobachtete Anstieg nur im 75. Perzentil signifikant ist). Dies zeigt, dass die inklusivere Gestaltung der Bildungssysteme in den letzten zehn Jahren durch die PISA-Teilnehmerländer, wie an den höheren Anteilen der 15-Jährigen abzulesen ist, die die Sekundarschule besuchen, nicht zulasten der Bildungsqualität für die meisten 15-Jährigen gegangen ist – darunter diejenigen Schülerinnen und Schüler, die die Sekundarschule unter den exklusiveren Bedingungen der Vergangenheit besucht hätten (Tabelle I.2.4d).

Durchschnittlicher Dreijahrestrend bei den Schülerleistungen, nach Berücksichtigung demografischer Veränderungen

In manchen Ländern haben sich die demografischen Merkmale der Schülerpopulation und der PISA-Stichprobe im Verlauf der PISA-Teilnahme erheblich verändert. Es ist möglich, den Effekt von Veränderungen bei Migrationshintergrund, Alter und Geschlecht der Schülerpopulation in jedem Land und jeder Volkswirtschaft zu analysieren, indem die (unbereinigten) Veränderungen der Durchschnittsergebnisse, die in den vorherigen Abschnitten erfasst wurden, mit denen gegenübergestellt werden, die zu beobachten gewesen wären, wenn das allgemeine Profil der Schülerpopulation im gesamten Betrachtungszeitraum dasselbe gewesen wäre wie im Jahr 2015. Die in diesem Abschnitt angegebenen bereinigten Trends



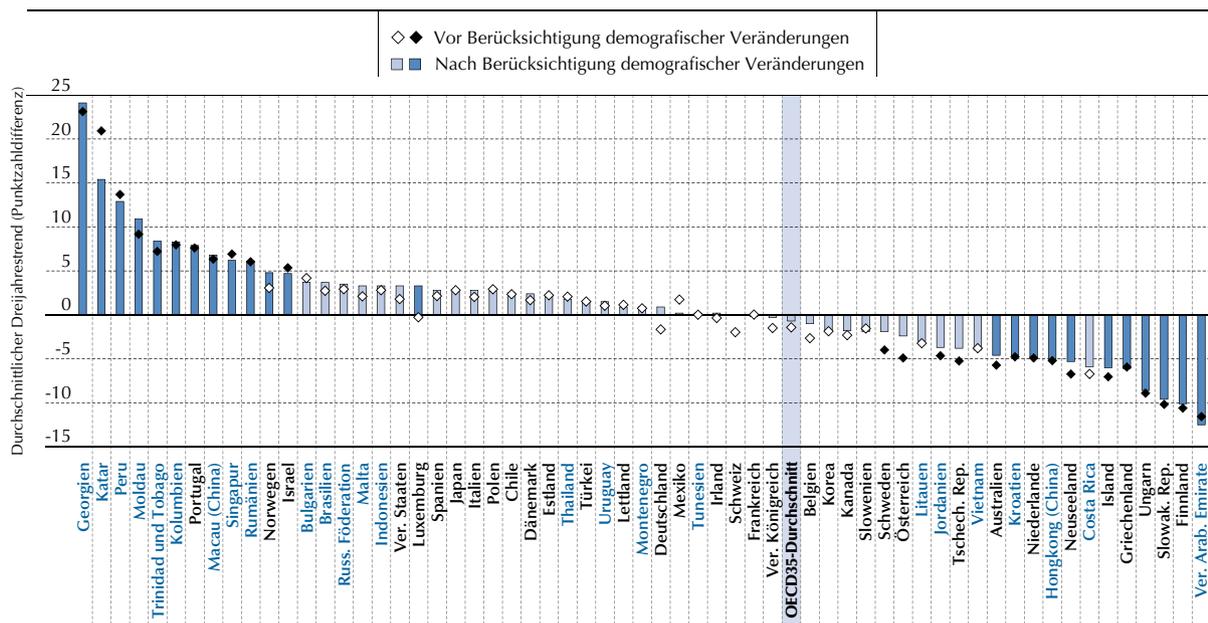
liefern eine Schätzung dessen, wie der Leistungstrend ausgefallen wäre, wenn die früheren PISA-Stichproben denselben Anteil an Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund (der ersten und zweiten Generation) und dieselbe Zusammensetzung nach Geschlecht und Alter (in Dreimonatsschritten gemessen) umfasst hätten wie die Zielpopulation im Jahr 2015.

Wenn die Schülerpopulation im Jahr 2006 dasselbe demografische Profil aufgewiesen hätte wie die Population im Jahr 2015, hätte sich der Mittelwert in Naturwissenschaften im OECD-Durchschnitt auf 496 Punkte belaufen. In Wirklichkeit betrug der beobachtete Mittelwert 2006 498 Punkte und 2015 493 Punkte. Sowohl der beobachtete als auch der bereinigte Trend weisen somit seit 2006 im Durchschnitt keine signifikante Veränderung auf (Tabelle I.2.4e).

Abbildung I.2.23 zeigt jedoch, dass in Luxemburg der bereinigte Trend, der die Effekte von Veränderungen in der demografischen Zusammensetzung der Zielpopulation neutralisiert, vor allem (in diesem Fall) den Anstieg des Anteils der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund, signifikant und positiv ist: Seit 2006 entspricht er einem Anstieg um rd. 3 Punkte alle drei Jahre. Der beobachtete Trend ist hingegen gleichbleibend und nicht signifikant: -0,3 Punkte alle drei Jahre seit 2006. Diese Abweichung zwischen den Leistungstrends vor und nach Berücksichtigung von demografischen Veränderungen deutet darauf hin, dass sich die durchschnittlichen Leistungen in Naturwissenschaften in Luxemburg verbessert hätten, wenn es seit 2006 nicht zu demografischen Veränderungen gekommen wäre. Desgleichen ist der bereinigte Trend in Norwegen signifikant und positiv (+4,8 Punkte je Dreijahreszeitraum), doch der beobachtete Trend ist nicht signifikant (+3,1 Punkte je Dreijahreszeitraum).

Andere Länder mit signifikanten negativen beobachteten Trends hätten keinen so starken Leistungsrückgang verzeichnet, wenn es in der Zusammensetzung der Zielpopulation nicht zu demografischen Veränderungen gekommen wäre. In Österreich entspricht der beobachtete Trend einem Leistungsrückgang um 4,9 Punkte alle drei Jahre, der Trend wäre jedoch als ein nicht signifikanter Rückgang um 2,4 Punkte alle drei Jahre angegeben worden, wenn es keine entsprechenden demografischen Veränderungen gegeben hätte. Ebenso ist der beobachtete Trend in Schweden negativ und signifikant (-4,0 Punkte), während der bereinigte Trend nicht signifikant ist (-2,1 Punkte).

Abbildung I.2.23 ■ **Durchschnittlicher Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften seit 2006, nach Berücksichtigung von demografischen Veränderungen**



Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3).

Der durchschnittliche Dreijahrestrend entspricht der durchschnittlichen Veränderungsrate je Dreijahreszeitraum zwischen den ersten verfügbaren PISA-Ergebnissen und PISA 2015. Für Länder und Volkswirtschaften mit mehr als einer verfügbaren Messung wird der durchschnittliche Dreijahrestrend anhand eines linearen Regressionsmodells ermittelt. In diesem Modell wird berücksichtigt, dass Costa Rica, Georgien, Malta und Moldau PISA 2009 im Jahr 2010 im Rahmen von PISA 2009+ durchführten

Der durchschnittliche Dreijahrestrend nach Berücksichtigung von demografischen Veränderungen zeigt, wie sich die Leistungen einer Population mit demselben demografischen Profil wie die Population von PISA 2015 im Zeitverlauf verändert hat. Berücksichtigt wurden folgende demografische Merkmale: Alter (in Dreimonatsschritten), Geschlecht und Migrationshintergrund der Schüler.

Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus PISA 2015 und mindestens einer früheren Erhebung.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem durchschnittlichen Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften, nach Berücksichtigung von demografischen Veränderungen, angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.4a und I.2.4e.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432151>



Abbildung I.2.23 zeigt andere Länder bzw. Volkswirtschaften, in denen die demografischen Veränderungen in der Stichprobe oder der Zielpopulation die beobachteten Trends beeinflussen, wo aber die Schlussfolgerung über die Nichtsignifikanz des Trends durch diese Veränderungen nicht beeinträchtigt wird¹². Insbesondere in Belgien, Deutschland und der Schweiz¹³ fallen die bereinigten Trends, die demografischen Veränderungen Rechnung tragen, positiver aus, und zwar um mindestens 1,5 Punkte alle drei Jahre, als die beobachteten Trends.

Am entgegengesetzten Ende des Spektrums liegt Katar, dessen positive Trends bei den PISA-Ergebnissen zum Teil günstigen Veränderungen in der demografischen Zusammensetzung der Zielpopulation zuzuschreiben sind. In diesem Fall weist der beobachtete Trend eine raschere Verbesserung auf als der bereinigte Trend, der diesen Veränderungen Rechnung trägt, und dennoch sind beide, der beobachtete Trend und der bereinigte Trend, signifikant und positiv.

So aufschlussreich bereinigte Trends auch sein mögen, handelt es sich dabei um rein hypothetische Szenarien, die dazu beitragen, die Ursachen von Veränderungen der Schülerleistungen im Zeitverlauf aufzuzeigen. Die in Abbildung I.2.21 und in diesem Kapitel dargestellten beobachteten (unbereinigten) Trends fassen die allgemeine Entwicklung der einzelnen Schulsysteme zusammen. Der Vergleich der beobachteten Trends mit den hypothetischen bereinigten Trends kann jedoch die Herausforderungen aufzeigen, denen sich die Länder und Volkswirtschaften im Hinblick auf eine Ergebnisverbesserung im Bereich Naturwissenschaften auf Schüler- und Schulebene gegenübersehen.

Vergleich der durchschnittlichen Schülerleistungen in Naturwissenschaften zwischen 2006 und 2015

Zu bestimmten Zeitpunkten weisen manche Länder und Volkswirtschaften ein ähnliches Leistungsniveau auf. Im Lauf der Zeit und mit der Weiterentwicklung der Schulsysteme kann es jedoch sein, dass bestimmte Länder und Volkswirtschaften ihre Leistungen verbessern, an der Gruppe der Länder vorbeiziehen, mit denen sie auf ähnlichem Leistungsniveau standen, und zu einer anderen Gruppe von Ländern aufschließen; in anderen Ländern und Volkswirtschaften sinken die Leistungen, so dass sie im Vergleich zu den anderen Ländern in der Rangfolge zurückfallen. Abbildung I.2.24 enthält für jedes Land und jede Volkswirtschaft mit vergleichbaren Ergebnissen in PISA 2006 und PISA 2015 eine Auflistung der anderen Länder und Volkswirtschaften, die im Jahr 2006 ähnliche Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften erzielt hatten, sich bis 2015 aber verbesserten oder verschlechterten.

So erreichte beispielsweise Japan 2006 in etwa dasselbe Leistungsniveau wie Australien, Kanada, Korea, die Niederlande und Neuseeland und schnitt deutlich schlechter ab als Finnland und Hongkong (China). Infolge der negativen Leistungstrends in diesen Ländern zwischen 2006 und 2015 zog Japan 2015 jedoch an allen diesen Ländern vorbei. 2006 erzielte Portugal schlechtere Leistungen als Spanien und Frankreich, aufgrund der im selben Zeitraum verzeichneten Leistungsverbesserungen fiel seine mittlere Punktzahl in Naturwissenschaften 2015 aber höher aus als die von Spanien und lag auf demselben Leistungsniveau wie die von Frankreich.

Abbildung I.2.25 zeigt den Zusammenhang zwischen den Durchschnittsergebnissen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2006 und der durchschnittlichen Veränderungsrate im Zeitraum 2006-2015. Die Länder und Volkswirtschaften, deren Ergebnisse sich im Verlauf der verschiedenen Erhebungen am stärksten verbessert haben (obere Hälfte der Abbildung) sind mit größerer Wahrscheinlichkeit auch jene, die in den ersten Erhebungsjahren vergleichsweise schlecht abgeschnitten hatten. Die Korrelation zwischen den ersten vergleichbaren Ergebnissen eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft in Naturwissenschaften und der durchschnittlichen Veränderungsrate beträgt $-0,59$. Das bedeutet, dass 34% der Varianz der Veränderungsrate auf die Ausgangsergebnisse eines Landes bzw. einer Volkswirtschaft zurückzuführen sind und dass Länder mit einem niedrigeren Ausgangsergebnis ihre Leistungen in der Regel rascher verbessern¹⁴.

Wenngleich die Länder, in denen sich die Leistungen am stärksten verbessert haben, mit größerer Wahrscheinlichkeit jene sind, die im Jahr 2006 vergleichsweise schlecht abgeschnitten hatten, haben sich die Schülerleistungen in einigen Ländern und Volkswirtschaften, die 2006 durchschnittliche oder gute Ergebnisse aufwiesen, im Zeitverlauf ebenfalls verbessert. Das war in Macau (China) der Fall, das Leistungssteigerungen in Naturwissenschaften erzielte, obwohl seine Ergebnisse bereits in PISA 2006 über dem OECD-Durchschnitt gelegen hatten (die Ergebnisse für Länder und Volkswirtschaften, die nach PISA 2006 an PISA teilzunehmen begannen, sind in Tabelle I.2.4a aufgeführt).

Andere leistungsstarke Länder und Volkswirtschaften, die erst nach 2006 an PISA teilzunehmen begannen, wie Singapur, weisen ebenfalls Leistungssteigerungen auf. Zudem gibt es viele Länder und Volkswirtschaften, die 2006 ähnlich abschnitten, sich in der Folgezeit aber unterschiedlich entwickelten. Griechenland und Portugal erreichten z.B. Ergebnisse, die 2006 nicht signifikant voneinander abwichen (473 Punkte bzw. 474 Punkte), während im Jahr 2015 jedoch über 40 Punkte (was mehr als einem Schuljahr entspricht) zwischen ihren Mittelwerten lagen (455 Punkte für Griechenland und 501 Punkte für Portugal).

Abbildung I.2.24 [Teil 1/4] ■ **Mehrfachvergleich der Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften 2006 und 2015**

Vergleichsland/ -volkswirtschaft	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2006	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2015	Länder und Volkswirtschaften mit ...		
			... ähnlichen Ergebnissen 2006 und 2015	... ähnlichen Ergebnissen 2006, aber besseren Ergebnissen 2015	... ähnlichen Ergebnissen 2006, aber schlechteren Ergebnissen 2015
Japan	531	538	Estland, Chinesisch Taipeh		Kanada, Korea, Neuseeland, Australien, Niederlande
Estland	531	534	Japan, Chinesisch Taipeh		Kanada, Neuseeland, Australien, Niederlande
Chinesisch Taipeh	532	532	Japan, Estland, Kanada		Neuseeland, Australien, Niederlande
Finnland	563	531			
Macau (China)	511	529			Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Irland, Belgien, Österreich, Tschech. Rep.
Kanada	534	528	Chinesisch Taipeh	Japan, Estland	Neuseeland
Hongkong (China)	542	523			
Korea	522	516	Neuseeland, Slowenien, Australien, Ver. Königreich, Deutschland, Niederlande	Japan	Tschech. Rep.
Neuseeland	530	513	Korea, Australien, Niederlande	Japan, Estland, Chinesisch Taipeh, Kanada	
Slowenien	519	513	Korea, Ver. Königreich, Deutschland		Österreich, Tschech. Rep.
Australien	527	510	Korea, Neuseeland, Niederlande	Japan, Estland, Chinesisch Taipeh	
Ver. Königreich	515	509	Korea, Slowenien, Deutschland, Schweiz, Irland	Macau (China)	Belgien, Österreich, Tschech. Rep.
Deutschland	516	509	Korea, Slowenien, Ver. Königreich, Schweiz, Irland	Macau (China)	Belgien, Österreich, Tschech. Rep.
Niederlande	525	509	Korea, Neuseeland, Australien	Japan, Estland, Chinesisch Taipeh	
Schweiz	512	506	Ver. Königreich, Deutschland, Irland, Belgien	Macau (China)	Österreich, Tschech. Rep., Ungarn
Irland	508	503	Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Belgien	Macau (China)	Österreich, Schweden, Tschech. Rep., Ungarn
Belgien	510	502	Schweiz, Irland	Macau (China), Ver. Königreich, Deutschland	Österreich, Tschech. Rep., Ungarn
Dänemark	496	502	Polen, Ver. Staaten		Frankreich, Schweden, Spanien, Lettland, Ungarn, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Polen	498	501	Dänemark, Ver. Staaten, Schweden		Frankreich, Ungarn, Kroatien
Portugal	474	501			Russ. Föderation, Italien, Griechenland
Norwegen	487	498	Ver. Staaten, Frankreich, Spanien		Lettland, Russ. Föderation, Luxemburg, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Ver. Staaten	489	496	Dänemark, Polen, Norwegen, Frankreich, Spanien, Lettland		Russ. Föderation, Luxemburg, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Österreich	511	495	Schweden, Tschech. Rep.	Macau (China), Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Irland, Belgien	Ungarn
Frankreich	495	495	Norwegen, Ver. Staaten, Spanien, Lettland	Dänemark, Polen	Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Schweden	503	493	Polen, Österreich	Irland, Dänemark	Ungarn
Tschech. Rep.	513	493	Österreich	Macau (China), Korea, Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Irland, Belgien	
Spanien	488	493	Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Lettland	Dänemark	Luxemburg, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Lettland	490	490	Ver. Staaten, Frankreich, Spanien	Dänemark, Norwegen	Luxemburg, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.
Russ. Föderation	479	487	Luxemburg, Italien	Portugal, Norwegen, Ver. Staaten	Litauen, Griechenland
Luxemburg	486	483	Russ. Föderation	Norwegen, Ver. Staaten, Spanien, Lettland	Litauen, Slowak. Rep.
Italien	475	481	Russ. Föderation	Portugal	Griechenland
Ungarn	504	477		Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Österreich, Schweden	
Litauen	488	475	Kroatien, Island	Dänemark, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland, Russ. Föderation, Luxemburg	Slowak. Rep.
Kroatien	493	475	Litauen, Island	Dänemark, Polen, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland	Slowak. Rep.
Island	491	473	Litauen, Kroatien	Dänemark, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland	Slowak. Rep.
Israel	454	467			

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus den PISA-Erhebungen 2006 und 2015.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2015 angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432161>



Abbildung I.2.24 [Teil 2/4] ■ **Mehrfachvergleich der Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften 2006 und 2015**

Vergleichsland/ -volkswirtschaft	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2006	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2015	Länder und Volkswirtschaften mit ...			
			... besseren Ergebnissen 2006, aber ähnlichen Ergebnissen 2015	... besseren Ergebnissen 2006, aber schlechteren Ergebnissen 2015	... schlechteren Ergebnissen 2006, aber ähnlichen Ergebnissen 2015	... schlechteren Ergebnissen 2006, aber besseren Ergebnissen 2015
Japan	531	538		Finnland, Hongkong (China)		
Estland	531	534	Finnland	Hongkong (China)		
Chinesisch Taipeh	532	532	Finnland	Hongkong (China)	Macau (China)	
Finnland	563	531			Estland, Chinesisch Taipeh, Macau (China), Kanada	Japan
Macau (China)	511	529	Chinesisch Taipeh, Finnland, Kanada, Hongkong (China)	Korea, Neuseeland, Slowenien, Australien, Niederlande		
Kanada	534	528	Finnland, Hongkong (China)		Macau (China)	
Hongkong (China)	542	523			Macau (China), Kanada, Korea	Japan, Estland, Chinesisch Taipeh
Korea	522	516	Hongkong (China)			Macau (China)
Neuseeland	530	513			Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland	Macau (China)
Slowenien	519	513	Neuseeland, Australien, Niederlande			Macau (China)
Australien	527	510			Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz	Macau (China)
Ver. Königreich	515	509	Neuseeland, Australien, Niederlande			
Deutschland	516	509	Neuseeland, Australien, Niederlande			
Niederlande	525	509			Slowenien, Ver. Königreich, Deutschland, Schweiz, Irland	Macau (China)
Schweiz	512	506	Australien, Niederlande		Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen	
Irland	508	503	Niederlande		Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten	
Belgien	510	502			Dänemark, Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten	
Dänemark	496	502	Schweiz, Irland, Belgien	Österreich, Tschech. Rep.	Portugal, Norwegen	
Polen	498	501	Schweiz, Irland, Belgien, Österreich	Tschech. Rep.	Portugal, Norwegen	
Portugal	474	501	Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Norwegen, Ver. Staaten, Österreich, Frankreich, Schweden	Tschech. Rep., Spanien, Lettland, Luxemburg, Ungarn, Litauen, Kroatien, Island, Slowak. Rep.		
Norwegen	487	498	Schweiz, Irland, Belgien, Dänemark, Polen, Österreich, Schweden, Tschech. Rep.	Ungarn	Portugal	
Ver. Staaten	489	496	Irland, Belgien, Österreich, Schweden, Tschech. Rep.	Ungarn	Portugal	
Österreich	511	495			Polen, Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland	Dänemark
Frankreich	495	495	Österreich, Schweden, Tschech. Rep.	Ungarn	Portugal	
Schweden	503	493	Tschech. Rep.		Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland, Russ. Föderation	
Tschech. Rep.	513	493			Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Schweden, Spanien, Lettland, Russ. Föderation	Dänemark, Polen, Portugal
Spanien	488	493	Österreich, Schweden, Tschech. Rep.	Ungarn	Russ. Föderation	Portugal
Lettland	490	490	Österreich, Schweden, Tschech. Rep.	Ungarn	Russ. Föderation	Portugal
Russ. Föderation	479	487	Schweden, Tschech. Rep., Spanien, Lettland	Ungarn, Kroatien, Island, Slowak. Rep.		
Luxemburg	486	483		Ungarn, Kroatien, Island	Italien	Portugal
Italien	475	481	Luxemburg, Ungarn, Litauen, Kroatien	Island, Slowak. Rep.		

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus den PISA-Erhebungen 2006 und 2015.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2015 angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432161>

Abbildung I.2.24 [Teil 3/4] ■ **Mehrfachvergleich der Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften 2006 und 2015**

Vergleichsland/ -volkswirtschaft	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2006	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2015	Länder und Volkswirtschaften mit ...		
			... ähnlichen Ergebnissen 2006 und 2015	... ähnlichen Ergebnissen 2006, aber besseren Ergebnissen 2015	... ähnlichen Ergebnissen 2006, aber schlechteren Ergebnissen 2015
Slowak. Rep.	488	461		Dänemark, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland, Luxemburg, Litauen, Kroatien, Island	
Griechenland	473	455		Portugal, Russ. Föderation, Italien	
Chile	438	447	Bulgarien		
Bulgarien	434	446	Chile		Uruguay, Türkei, Jordanien
Uruguay	428	435	Rumänien	Bulgarien	Türkei, Jordanien
Rumänien	418	435	Uruguay, Türkei		Thailand, Mexiko, Montenegro, Jordanien
Türkei	424	425	Rumänien, Thailand	Bulgarien, Uruguay	Jordanien
Thailand	421	421	Türkei	Rumänien	Jordanien
Katar	349	418			
Kolumbien	388	416			Indonesien, Brasilien, Tunesien
Mexiko	410	416	Montenegro	Rumänien	
Montenegro	412	411	Mexiko	Rumänien	
Jordanien	422	409		Bulgarien, Uruguay, Rumänien, Türkei, Thailand	
Indonesien	393	403	Brasilien	Kolumbien	Tunesien
Brasilien	390	401	Indonesien	Kolumbien	Tunesien
Tunesien	386	386		Kolumbien, Indonesien, Brasilien	

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus den PISA-Erhebungen 2006 und 2015.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2015 angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432161>

Abbildung I.2.24 [Teil 4/4] ■ **Mehrfachvergleich der Ergebnisse im Bereich Naturwissenschaften 2006 und 2015**

Vergleichsland/ -volkswirtschaft	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2006	Leistung in Naturwissen- schaften im Jahr 2015	Länder und Volkswirtschaften mit ...			
			... besseren Ergebnissen 2006, aber ähnlichen Ergebnissen 2015	... besseren Ergebnissen 2006, aber schlechteren Ergebnissen 2015	... schlechteren Ergebnissen 2006, aber ähnlichen Ergebnissen 2015	... schlechteren Ergebnissen 2006, aber besseren Ergebnissen 2015
Ungarn	504	477			Italien, Litauen, Kroatien, Island	Portugal, Norwegen, Ver. Staaten, Frankreich, Spanien, Lettland, Russ. Föderation, Luxemburg
Litauen	488	475	Ungarn		Italien	Portugal
Kroatien	493	475	Ungarn		Italien	Portugal, Russ. Föderation, Luxemburg
Island	491	473	Ungarn		Israel	Portugal, Russ. Föderation, Luxemburg, Italien
Israel	454	467	Island, Slowak. Rep.	Griechenland		
Slowak. Rep.	488	461			Israel, Griechenland	Portugal, Russ. Föderation, Italien
Griechenland	473	455	Slowak. Rep.		Chile, Bulgarien	Israel
Chile	438	447	Griechenland			
Bulgarien	434	446	Griechenland			
Uruguay	428	435				
Rumänien	418	435				
Türkei	424	425			Katar	
Thailand	421	421			Katar, Kolumbien, Mexiko	
Katar	349	418	Türkei, Thailand, Kolumbien, Mexiko	Montenegro, Jordanien, Indonesien, Brasilien, Tunesien		
Kolumbien	388	416	Thailand, Mexiko, Montenegro	Jordanien	Katar	
Mexiko	410	416	Thailand	Jordanien	Katar, Kolumbien	
Montenegro	412	411	Jordanien		Kolumbien	Katar
Jordanien	422	409			Montenegro, Indonesien	Katar, Kolumbien, Mexiko
Indonesien	393	403	Jordanien			Katar
Brasilien	390	401				Katar
Tunesien	386	386				Katar

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus den PISA-Erhebungen 2006 und 2015.

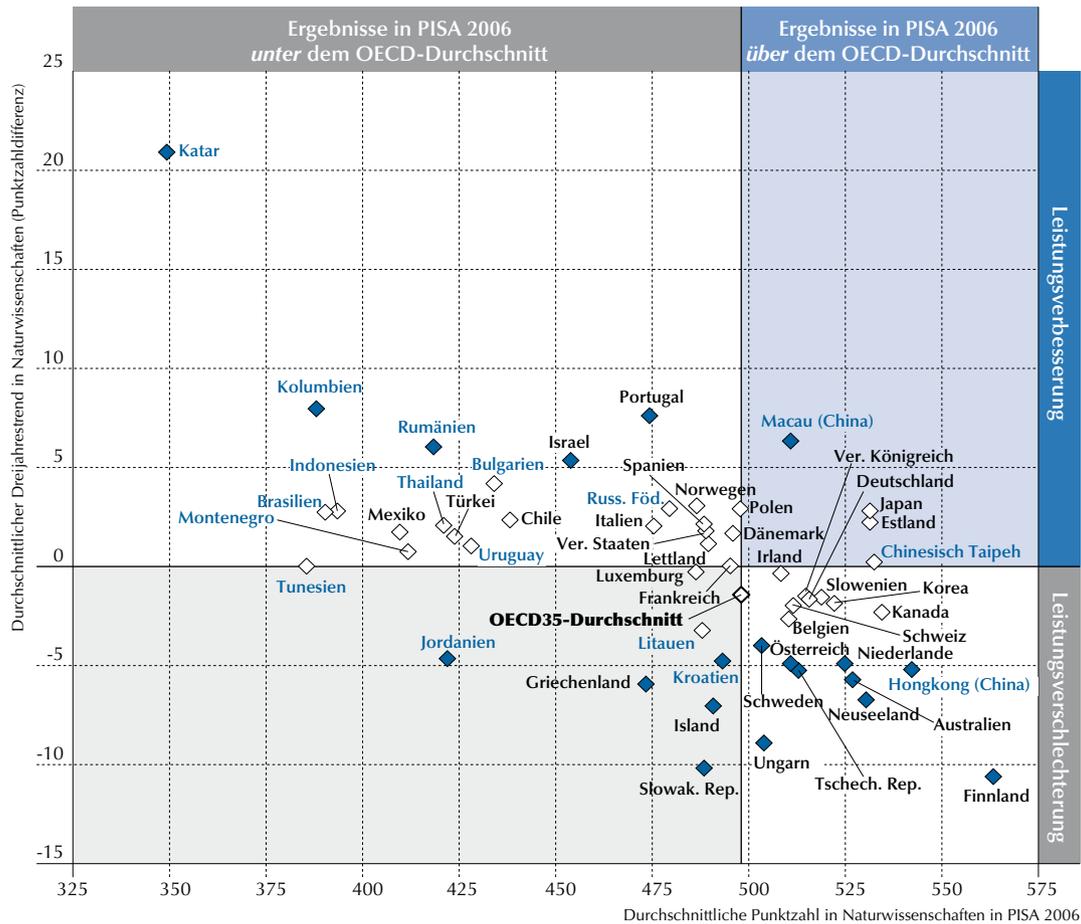
Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften in PISA 2015 angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432161>



Abbildung I.2.25 ■ Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften und den Durchschnittsergebnissen in Naturwissenschaften in PISA 2006



Anmerkung: Statistisch signifikante durchschnittliche Dreijahrestrends im Bereich Naturwissenschaften sind durch einen dunkleren Farbtönen gekennzeichnet (vgl. Anhang A3).

Der durchschnittliche Dreijahrestrend entspricht der durchschnittlichen Veränderungsrate je Dreijahreszeitraum zwischen den ersten verfügbaren PISA-Ergebnissen und PISA 2015. Für Länder und Volkswirtschaften mit mehr als einer verfügbaren Messung wird der durchschnittliche Dreijahrestrend anhand eines linearen Regressionsmodells ermittelt. In diesem Modell wird berücksichtigt, dass Costa Rica, Georgien, Malta und Moldau PISA 2009 im Jahr 2010 im Rahmen von PISA 2009+ durchführten.

Die Korrelation zwischen dem Durchschnittsergebnis eines Landes/einer Volkswirtschaft in PISA 2006 und seinem/ihrer durchschnittlichen Dreijahrestrend beträgt 0,4.

Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften, für die seit 2006 Daten vorliegen.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.4a.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432175>

Leistungstrends unter den leistungsschwachen und den leistungsstarken Schülerinnen und Schülern

Eine Veränderung der Durchschnittsergebnisse eines Landes oder einer Volkswirtschaft kann von Entwicklungen auf unterschiedlichen Stufen der Leistungsverteilung herrühren. In einigen Ländern und Volkswirtschaften stieg z.B. die mittlere Punktzahl, als der Anteil der Schüler, die auf der Gesamtskala Naturwissenschaften die niedrigsten Kompetenzstufen erreichen, infolge von Leistungsverbesserungen unter diesen Schülern sank. In anderen Ländern und Volkswirtschaften waren die Verbesserungen der Durchschnittsergebnisse größtenteils auf Leistungssteigerungen unter den leistungsstärksten Schülerinnen und Schülern und auf einen Anstieg des Anteils der Schülerinnen und Schüler zurückzuführen, die Leistungen auf den höchsten Kompetenzstufen erzielen.

Im Durchschnitt der OECD-Länder stieg der Anteil der Schülerinnen und Schüler, deren Leistungen im Bereich Naturwissenschaften unter den Anforderungen von Stufe 2 liegen, zwischen 2006 und 2015 um 1,5 Prozentpunkte (was einem nicht signifikanten Anstieg entsprach), während der Anteil der Schülerinnen und Schüler, deren Leistungen die Anforderungen von Stufe 5 oder darüber erfüllen, um 1,0 Prozentpunkt zurückging (was einen nicht signifikanten Rückgang darstellte).



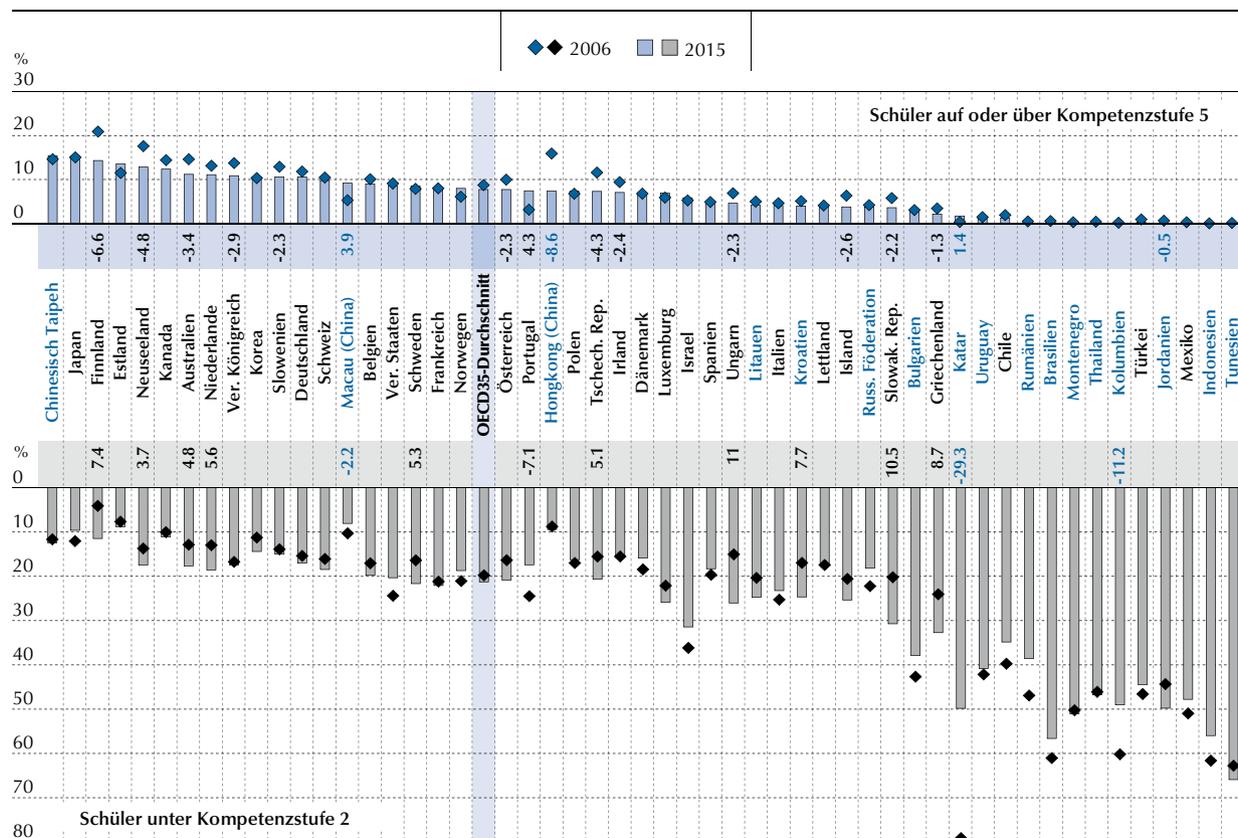
(Abb. I.2.26). Im Zeitraum 2006-2015 verringerte sich in vier Ländern bzw. Volkswirtschaften der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die unter Kompetenzstufe 2 abschneiden: Kolumbien, Macau (China), Portugal und Katar. Alle diese Länder konnten zwar den Anteil der leistungsschwachen Schüler reduzieren, Macau (China), Portugal und Katar gelang es allerdings auch, gleichzeitig den Anteil der Schüler zu erhöhen, deren Leistungen auf oder über Kompetenzstufe 5 liegen.

Demgegenüber ist der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit Leistungen auf Stufe 5 oder darüber in Australien, der Tschechischen Republik, Finnland, Griechenland, Ungarn, Neuseeland und der Slowakischen Republik gesunken, während gleichzeitig der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit Leistungen unter Kompetenzstufe 2 gestiegen ist. In Kroatien, den Niederlanden und Schweden hat sich der Anteil der leistungsschwachen Schüler erhöht, beim Anteil der besonders leistungsstarken Schüler ist aber keine signifikante Veränderung festzustellen. In Österreich, Hongkong (China), Island, Irland, Jordanien, Slowenien und dem Vereinigten Königreich hat der Anteil der besonders leistungsstarken Schüler abgenommen, der Anteil der leistungsschwachen Schüler ist jedoch unverändert geblieben.

Im OECD-Durchschnitt ist die Varianz bei den Schülerleistungen in Naturwissenschaften zwischen 2006 und 2015 weitgehend konstant geblieben, wobei ähnliche, nicht signifikante Veränderungen bei der Leistungsverteilung zu beobachten sind (Tabelle I.2.4b und I.2.4c).

Im Zeitraum 2006-2015 war in Estland, Finnland, Ungarn, Korea, Luxemburg, Montenegro, Katar, der Slowakischen Republik und Schweden eine Ausweitung der Unterschiede bei den Schülerleistungen – gemessen am Abstand zwischen dem 10. und 90. Perzentil der Leistungen – festzustellen. In Katar wurde auf allen Stufen der Leistungsverteilung in Naturwissenschaften

Abbildung I.2.26 ■ **Prozentsatz der leistungsschwachen und der besonders leistungsstarken Schüler im Bereich Naturwissenschaften, 2006 und 2015**



Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder/Volkswirtschaften, die sowohl an PISA 2006 als auch an PISA 2015 teilnahmen.

Die Veränderung zwischen PISA 2006 und PISA 2015 beim Anteil der Schüler, deren Leistungen im Bereich Naturwissenschaften unter Stufe 2 lagen, ist unter den Namen der Länder/Volkswirtschaften angegeben. Die Veränderung zwischen PISA 2006 und PISA 2015 beim Anteil der Schüler, deren Leistungen im Bereich Naturwissenschaften auf oder über Stufe 5 lagen, ist über den Namen der Länder/Volkswirtschaften angegeben.

Angegeben sind lediglich statistisch signifikante Veränderungen (vgl. Anhang A3).

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem Prozentsatz der Schüler, deren Leistungen 2015 auf oder über Stufe 5 lagen, angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.2a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432188>



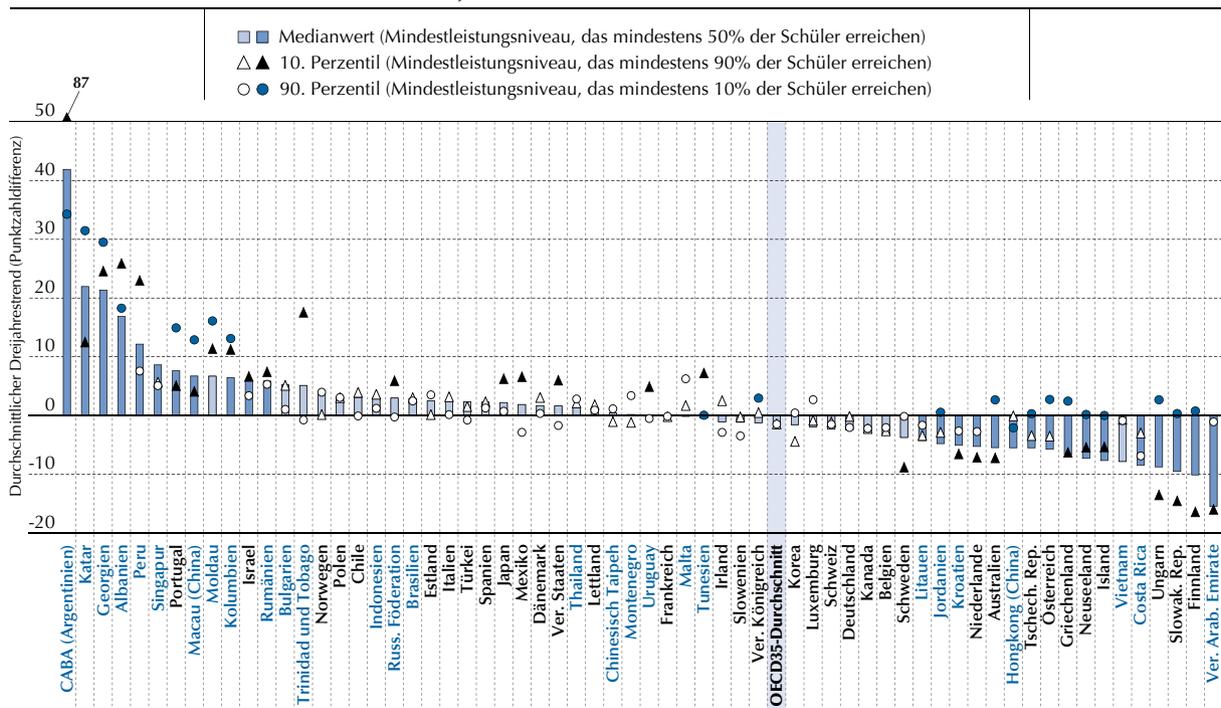
eine Leistungsverbesserung beobachtet, die Leistungssteigerung war jedoch am oberen Ende der Verteilung (90. Perzentil) deutlich größer als am unteren Ende (10. Perzentil). In Estland, Korea, Luxemburg und Montenegro wiesen die Leistungstrends am oberen Ende der Verteilung (unter den leistungsstärksten Schülern) und am unteren Ende (unter den leistungsschwächsten Schülern) nicht signifikante Verbesserungen oder Verschlechterungen auf – die Differenz zwischen diesen Trends ist jedoch signifikant. In Korea und Schweden blieben die Leistungen am oberen Ende der Leistungsverteilung stabil, verschlechterten sich aber unter den leistungsschwächsten Schülern. Finnland, Ungarn und die Slowakische Republik verzeichneten ferner auf allen Kompetenzstufen einen Leistungsrückgang, der unter den leistungsschwächsten Schülern allerdings stärker ausgeprägt war (Abb. I.2.27 und Tabelle I.2.4c).

Demografische Veränderungen, vor allem eine Zunahme der Zuwandererbevölkerung, trugen in manchen Fällen zu einer Ausweitung der Leistungsunterschiede bei. Dies trifft auf Katar zu, wo Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund in der Regel besser abschneiden als Schülerinnen und Schüler ohne Migrationshintergrund, ebenso wie auf Luxemburg und Schweden, wo Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund schlechter abschneiden als Schülerinnen und Schüler ohne Migrationshintergrund, wobei ihre Zahl in den letzten Jahren erheblich gestiegen ist. In allen drei Ländern sind demografische Veränderungen jedoch nur für einen Teil des beobachteten Trends maßgeblich. In den übrigen Ländern und Volkswirtschaften, in denen eine Zunahme der Leistungsunterschiede festzustellen ist, weicht der am oberen Ende bzw. am unteren Ende der Leistungsverteilung beobachtete Trend um weniger als 1,5 Punkte von dem jeweils bereinigten Trend ab, der Veränderungen in der demografischen Zusammensetzung des Landes bzw. der Volkswirtschaft Rechnung trägt (Tabelle I.2.4f).

Demgegenüber war in neun anderen Ländern und Volkswirtschaften (Hongkong-China, Island, Irland, Mexiko, Tunesien, dem Vereinigten Königreich, den Vereinigten Staaten und Uruguay) eine Verringerung des Leistungsabstands bei PISA zu beobachten. In Mexiko, der Russischen Föderation, Tunesien, den Vereinigten Staaten und Uruguay ist diese Verringerung auf Leistungssteigerungen unter den leistungsschwächsten Schülern zurückzuführen, während unter

Abbildung I.2.27 ■ Trends bei den Leistungen in Naturwissenschaften unter den leistungsstärksten und den leistungsschwächsten Schülern

Durchschnittlicher Dreijahrestrend im Bereich Naturwissenschaften seit 2006



Anmerkung: Statistisch signifikante Unterschiede sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3).

Der durchschnittliche Dreijahrestrend entspricht der durchschnittlichen Veränderungsrate je Dreijahreszeitraum zwischen den ersten verfügbaren PISA-Ergebnissen und PISA 2015. Für Länder und Volkswirtschaften mit mehr als einer verfügbaren Messung wird der durchschnittliche Dreijahrestrend anhand eines linearen Regressionsmodells ermittelt. In diesem Modell wird berücksichtigt, dass Costa Rica, Georgien, Malta und Moldau PISA 2009 im Jahr 2010 im Rahmen von PISA 2009+ durchführten.

Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften mit validen Daten aus PISA 2015 und mindestens einer früheren Erhebung.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach dem durchschnittlichen Dreijahrestrend für den Medianwert in Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.4b.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432199>



den leistungsstärksten Schülern keine signifikante Verbesserung (und im Fall von Tunesien eine gleichzeitige Verschlechterung) festzustellen war. In Hongkong (China) und dem Vereinigten Königreich blieben die Leistungen im 10. Perzentil unverändert, sanken aber erheblich am oberen Ende der Verteilung (90. Perzentil). In Irland und der Russischen Föderation ist weder der positive Trend unter den leistungsschwächsten Schülern noch der negative Trend unter den leistungsstärksten Schülern signifikant, die Differenz zwischen den beiden Trends ist allerdings signifikant und deutet auf eine Verkleinerung des Abstands zwischen dem oberen und dem unteren Ende der Leistungsverteilung hin. In Island ist der Trend sowohl am 90. als auch am 10. Perzentil negativ, wobei der negative Trend am unteren Ende der Leistungsverteilung (10. Perzentil) jedoch stärker ausgeprägt ist (Abb. I.2.27; Tabelle I.2.4c und I.2.4f).

SCHÜLERLEISTUNGEN IN VERSCHIEDENEN NATURWISSENSCHAFTLICHEN BEREICHEN

Im Allgemeinen weisen die Ergebnisse in den einzelnen Teilbereichen des PISA-Naturwissenschaftstests eine starke Korrelation mit dem Gesamtergebnis in Naturwissenschaften auf. Schülerinnen und Schüler, die bei Items aus einer Kategorie des Rahmenkonzepts gut abschneiden, erzielen in der Regel auch in den anderen naturwissenschaftlichen Bereichen gute Leistungen. Auf Länderebene besteht jedoch eine gewisse Leistungsvarianz zwischen den einzelnen Subskalen. Diese Varianz könnte auf unterschiedliche Schwerpunkte in den Lehrplänen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften zurückzuführen sein. Im Allgemeinen haben Länder in den Naturwissenschaften bestimmte Stärken, d.h. Teilbereiche, in denen sie deutlich besser sind als andere Länder mit ansonsten ähnlichen Ergebnissen, sowie Schwächen, d.h. Teilbereiche, in denen sie schlechter abschneiden als Länder mit ähnlichen Ergebnissen in den übrigen Bereichen. In diesem Abschnitt werden die Stärken und Schwächen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften analysiert, indem die Differenzen zwischen den mittleren Punktzahlen auf den verschiedenen PISA-Subskalen in Naturwissenschaften untersucht werden¹⁵.

Da der Naturwissenschaftstest in den Ländern, die PISA 2015 auf Papier durchführten, lediglich eine Stichprobe aller Aufgaben im Bereich Naturwissenschaft umfasste, lassen sich für diese Länder nicht mit der gleichen Verlässlichkeit Subskalen-Ergebnisse berechnen wie für Länder, die PISA 2015 am Computer durchführten. In den nachstehenden Abbildungen und Erörterungen sind daher nur Länder berücksichtigt, in denen der computergestützte Naturwissenschaftstest eingesetzt wurde.

Relative Stärken und Schwächen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf den kompetenzbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen

Wie vorstehend erörtert, wurde jedes Item im Naturwissenschaftstest von PISA 2015 einer der Kompetenzkategorien zugeordnet, selbst wenn zur Lösung einer Aufgabe oft mehr als nur eine dieser Kompetenzen benötigt wird. Fast die Hälfte aller Items erforderte von den Schülerinnen und Schülern in erster Linie, Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären, während für ungefähr 30% der Items Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretiert werden mussten und das restliche Viertel vor allem auf die Fähigkeit abstellte, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen. Teilweise verlangten die verschiedenen Items einer Testeinheit jeweils unterschiedliche Kompetenzen. Dies ist beispielsweise in der veröffentlichten Testeinheit VOGELZUG (vgl. Anhang C1) der Fall. Nach einer Frage, bei der es Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären galt, mussten die Schülerinnen und Schüler in der zweiten Frage naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen und in der letzten Frage Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren.

Abbildung I.2.28 zeigt die Durchschnittsergebnisse der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf der Gesamtskala Naturwissenschaften und den verschiedenen kompetenzbezogenen Subskalen. Sie liefert auch Hinweise darauf, welche Unterschiede zwischen den Subskala-Mittelwerten signifikant sind, woraus sich die Stärken und Schwächen eines Landes ersehen lassen. Singapur beispielsweise war das leistungsstärkste Land in Naturwissenschaften sowie in jeder der drei naturwissenschaftlichen Kompetenzen, seine relative Stärke bestand jedoch in der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen. In diesem Kompetenzbereich lagen die durchschnittlichen Schülerleistungen deutlich über den Durchschnittsergebnissen des Landes auf den anderen beiden Subskalen (Phänomene naturwissenschaftlich erklären sowie Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren).

Im Gegensatz dazu zeichneten sich die Schülerinnen und Schüler in Chinesisch Taipeh, das auf der Liste an vierter Stelle steht, durch relative Stärke bei der Kompetenz Phänomene naturwissenschaftlich erklären und im Bereich Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren aus. Korea schnitt im Bereich Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren am besten ab, gefolgt von Naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen, während es bei Phänomene naturwissenschaftlich erklären vergleichsweise schwächere Leistungen verzeichnete.

Unter den übrigen Ländern und Volkswirtschaften waren vor allem die guten Ergebnisse von Belgien, Israel und den Vereinigten Staaten im Bereich Naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche



Abbildung I.2.28 ■ Vergleich der Länder und Volkswirtschaften auf den verschiedenen kompetenzbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen

	Mittlere Punktzahl auf der Gesamtskala Naturwissenschaften	Mittlere Punktzahl auf den einzelnen kompetenzbezogenen Subskalen			Relative Stärken in Naturwissenschaften: Mittlere Punktzahl auf der kompetenzbezogenen Subskala ... ¹		
		Phänomene naturwissenschaftlich erklären	Naturwissensch. Forschung bewerten und naturwissensch. Untersuchungen planen	Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren	... Phänomene naturwissenschaftlich erklären (ep) ist höher als auf Naturwissensch. Forschung bewerten und naturwissensch. Untersuchungen planen (ed) ist höher als auf Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren (id) ist höher als auf ...
Singapur	556	553	560	556		ep id	
Japan	538	539	536	541			ed
Estland	534	533	535	537			
Chinesisch Taipeh	532	536	525	533	ed		ed
Finnland	531	534	529	529	id		
Macau (China)	529	528	525	532			ep ed
Kanada	528	530	530	525	id	id	
Hongkong (China)	523	524	524	521			
P-S-J-G (China)	518	520	517	516			
Korea	516	510	515	523		ep	ep ed
Neuseeland	513	511	517	512		ep id	
Slowenien	513	515	511	512	ed		
Australien	510	510	512	508			
Ver. Königreich	509	509	508	509			
Deutschland	509	511	506	509	ed		ed
Niederlande	509	509	511	506	id	id	
Schweiz	506	505	507	506			
Irland	503	505	500	500	ed id		
Belgien	502	499	507	503		ep id	ep
Dänemark	502	502	504	500			
Polen	501	501	502	501			
Portugal	501	498	502	503		ep	ep
Norwegen	498	502	493	498	ed id		ed
Ver. Staaten	496	492	503	497		ep id	ep
Österreich	495	499	488	493	ed id		ed
Frankreich	495	488	498	501		ep	ep
Schweden	493	498	491	490	ed id		
OECD-Durchschnitt	493	493	493	493			ed
Tschech. Rep.	493	496	486	493	ed		ed
Spanien	493	494	489	493	ed		ed
Lettland	490	488	489	494			ep ed
Russ. Föderation	487	486	484	489			ed
Luxemburg	483	482	479	486	ed		ep ed
Italien	481	481	477	482			ed
Ungarn	477	478	474	476			
Litauen	475	478	478	471	id	id	
Kroatien	475	476	473	476			
Island	473	468	476	478		ep	ep
Israel	467	463	471	467		ep id	ep
Slowak. Rep.	461	464	457	459	ed id		
Griechenland	455	454	453	454			
Chile	447	446	443	447	ed		
Bulgarien	446	449	440	445	ed id		
Ver. Arab. Emirate	437	437	431	437	ed		ed
Uruguay	435	434	433	436			
Zypern*	433	432	430	434			ed
Türkei	425	426	428	423		id	
Thailand	421	419	423	422			
Costa Rica	420	420	422	415	id	id	
Katar	418	417	414	418			ed
Kolumbien	416	412	420	416		ep id	ep
Mexiko	416	414	415	415			
Montenegro	411	411	408	410			
Brasilien	401	403	398	398	id		
Peru	397	392	399	398		ep	ep
Tunesien	386	385	379	390	ed		ep ed
Dominik. Rep.	332	332	324	330	ed		ed

* Vgl. Anmerkung 1 unter Abbildung I.2.13.

1. Relative Stärken sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet; leere Zellen bedeuten, dass die auf der entsprechenden Subskala erzielte Punktzahl im Vergleich zu anderen Subskalen nicht signifikant höher oder aber niedriger war. Die kompetenzbezogenen Subskalen werden in der Abbildung wie folgt abgekürzt: ep (explain phenomena scientifically) – Phänomene naturwissenschaftlich erklären; ed (evaluate and design scientific enquiry) – Naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen; id (interpret data and evidence scientifically) – Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren.

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften, in denen PISA 2015 am Computer durchgeführt wurde.

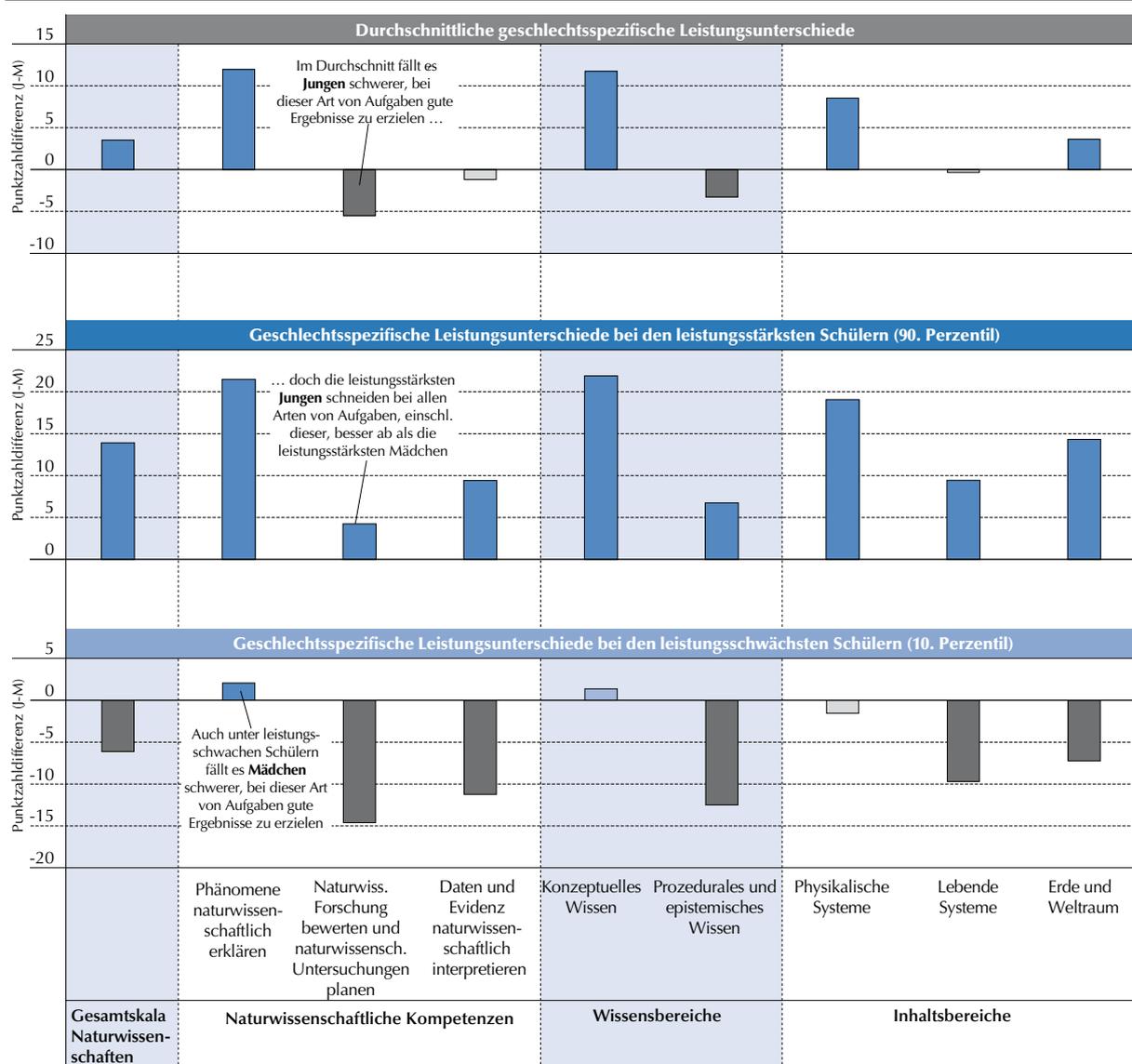
Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.13.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432201>

Abbildung I.2.29 ■ Stärken und Schwächen von Jungen und Mädchen in Naturwissenschaften

Punktzahldifferenz zwischen Jungen und Mädchen, OECD-Durchschnitt



Anmerkung: Bei den leistungsstärksten Schülern sind alle Leistungsunterschiede zwischen Jungen und Mädchen statistisch signifikant. Statistisch signifikante Leistungsunterschiede zwischen Jungen und Mädchen bei den leistungsschwächsten und durchschnittlichen Schülern sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet (vgl. Anhang A3).

Leistungsunterschiede zugunsten von Mädchen sind in grau dargestellt.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.7, I.2.16d, I.2.17d, I.2.18d, I.2.19d, I.2.20d, I.2.21d, I.2.22d und I.2.23d.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432213>

Untersuchungen planen im Vergleich zu ihren Ergebnissen auf der Subskala Phänomene naturwissenschaftlich erklären bemerkenswert. Auch Frankreich verzeichnete im Bereich Phänomene naturwissenschaftlich erklären eine relative Schwäche. Die relativen Stärken des Landes lagen in den Bereichen Naturwissenschaftliche Forschung bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen planen sowie Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren.

Die genauere Betrachtung geschlechtsspezifischer Leistungsunterschiede bei den verschiedenen Typen von naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen zeigt, dass in den meisten Ländern Mädchen bei der Kompetenz Phänomene naturwissenschaftlich erklären schlechter abschnitten als Jungen (im OECD-Durchschnitt betrug ihr Leistungsrückstand 12 Punkte) (Tabelle I.2.16d). Die Stärke von Jungen in Naturwissenschaften besteht in ihrer – im Durchschnitt – größeren Fähigkeit, ihr naturwissenschaftliches Wissen abzurufen und anzuwenden, Erklärungsmodelle für eine Situation zu erkennen oder zu entwickeln und Vorhersagen auf Basis solcher Modelle zu treffen. Zugleich erzielten Jungen und Mädchen ähnliche



Ergebnisse, wenn es gilt, Daten und Evidenz naturwissenschaftlich zu interpretieren (Tabelle I.2.18d). In den meisten Ländern liegt die relative Stärke von Mädchen in ihrer Kompetenz, naturwissenschaftliche Forschung zu bewerten und naturwissenschaftliche Untersuchungen zu planen (Tabelle I.2.17d) (Abb. I.2.29).

Relative Stärken und Schwächen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf den wissensbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen

Naturwissenschaftliche Grundbildung erfordert ein Verständnis der wichtigsten Fakten, Konzepte und Erklärungsansätze, die die Basis naturwissenschaftlichen Wissens bilden. Dies umfasst sowohl Wissen über die natürliche Welt und technologische Entwicklungen (konzeptuelles Wissen) als auch Wissen darüber, wie solche Ideen gewonnen werden (prozedurales Wissen), und ein Verständnis des Zwecks dieser Verfahren und der Gründe für ihre Anwendung (epistemisches Wissen).

Zwar wurden alle Items im Naturwissenschaftstest von PISA 2015 einer dieser drei Wissenskategorien zugeordnet, für die Erstellung von Subskalen wurden jedoch die letzteren beiden Kategorien in der Subskala Prozedurales und epistemisches Wissen zusammengefasst. Tatsächlich enthielt der Test zu wenige Aufgaben aus dem Bereich epistemisches Wissen für eine separate Subskala mit wünschenswerten Eigenschaften. Ungefähr die Hälfte aller Items in der Erhebung testete in erster Linie das konzeptuelle Wissen der Schülerinnen und Schüler. Drei Viertel der übrigen Items prüften prozedurales Wissen, während der Rest (ein Zehntel aller naturwissenschaftlichen Items) dazu diente, das epistemische Wissen der Schülerinnen und Schüler zu evaluieren.

Abbildung I.2.30 zeigt die Durchschnittsergebnisse der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf der Gesamtskala Naturwissenschaften und den beiden wissensbezogenen Subskalen. Länder bzw. Volkswirtschaften, in denen die Durchschnittsergebnisse auf einer Subskala signifikant höher sind als auf der anderen, sind durch eine dunkle Markierung auf der rechten Seite der Abbildung gekennzeichnet. Beispielsweise schnitten unter den Ländern, die in der Nähe des OECD-Durchschnitts liegen, Frankreich und die Vereinigten Staaten bei der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, Aufgaben mit prozeduralem und epistemischem Wissensbezug zu lösen, vergleichsweise stärker ab, während bei Schülerinnen und Schülern in Österreich, der Tschechischen Republik, Norwegen und Schweden die Fähigkeit, Aufgaben mit konzeptuellem Wissensbezug zu lösen, vergleichsweise stärker ausgeprägt war. Trotz ihres unterschiedlichen Abschneidens auf den wissensbezogenen Subskalen aber weichen die Durchschnittsergebnisse dieser vier Länder auf der Gesamtskala Naturwissenschaften nicht statistisch signifikant voneinander ab.

Der Leistungsvorsprung von Jungen gegenüber Mädchen in Naturwissenschaften ist bei Aufgaben, die konzeptuelles Wissen erfordern, stärker ausgeprägt als bei Aufgaben, die prozedurales oder epistemisches Wissen testen (Abb. I.2.29). Im OECD-Durchschnitt beträgt der geschlechtsspezifische Leistungsunterschied in Naturwissenschaften nur 4 Punkte (Tabelle I.2.7); Jungen schneiden aber auf der Subskala Konzeptuelles Wissen im Durchschnitt um 12 Punkte besser ab als Mädchen (Tabelle I.2.19d), während Mädchen auf der Subskala Prozedurales und epistemisches Wissen einen Vorsprung von 3 Punkten gegenüber Jungen ausweisen (Tabelle I.2.20d). Dies könnte darauf hindeuten, dass Mädchen im Vergleich zu Jungen stärker daran interessiert sind, wie Naturwissenschaftler forschen und naturwissenschaftliche Theorien entwickeln, während Jungen ein vergleichsweise größeres Interesse an den Erklärungen natürlicher und technologischer Phänomene haben, die von den Naturwissenschaften geliefert werden.

Relative Stärken und Schwächen der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf den inhaltsbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen

Die Inhalte des Naturwissenschaftstests in PISA 2015 stammten aus Themenbereichen der Physik, Chemie, Biologie, Geologie und Astronomie. Um eine ausgewogene Abdeckung verschiedener Inhaltsbereiche sicherzustellen, wurden alle Items einem von drei Inhaltsbereichen zugeordnet:

- Der Inhaltsbereich Physikalische Systeme umfasst alle Items, die beispielsweise Kenntnisse über den Aufbau und die Eigenschaften der Materie, einschließlich ihrer chemischen Eigenschaften, chemische Reaktionen, Bewegung und Kräfte, Magnetismus, Energie und ihre Umwandlung sowie die Wechselwirkung von Energie und Materie erfordern.
- Der Inhaltsbereich Lebende Systeme umfasst alle Items, die beispielsweise Kenntnisse über Zellen und Zellstrukturen (z.B. DNA), das Konzept eines Organismus, Humanbiologie, Populationen (z.B. Gattungen und ihre Evolution), Ökosysteme und die Biosphäre erfordern.
- Der Inhaltsbereich Erde und Weltraum umfasst alle Items, die beispielsweise Kenntnisse über den Aufbau des Erdsystems (z.B. Atmosphäre), Veränderungen des Erdsystems (z.B. Plattentektonik), die Erdgeschichte, das Sonnensystem sowie die Geschichte und Größe des Universums erfordern.

Abbildung I.2.30 ■ Vergleich der Länder und Volkswirtschaften auf den verschiedenen wissensbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen

	Mittlere Punktzahl auf der Gesamtskala Naturwissenschaften	Mittlere Punktzahl auf den einzelnen wissensbezogenen Subskalen		Relative Stärken in Naturwissenschaften: Mittlere Punktzahl auf der wissensbezogenen Subskala ... ¹	
		Konzeptuelles Wissen	Prozedurales und epistemisches Wissen	... Konzeptuelles Wissen (co) ist höher als auf Prozedurales und epistemisches Wissen (pe) ist höher als auf ...
Singapur	556	553	558		co
Japan	538	539	538		
Estland	534	534	535		
Chinesisch Taipeh	532	538	528	pe	
Finnland	531	534	528	pe	
Macau (China)	529	527	531		co
Kanada	528	528	528		
Hongkong (China)	523	526	521	pe	
P-S-J-G (China)	518	520	516	pe	
Korea	516	513	519		co
Neuseeland	513	512	514		
Slowenien	513	515	512	pe	
Australien	510	508	511		
Ver. Königreich	509	508	510		
Deutschland	509	512	507	pe	
Niederlande	509	507	509		
Schweiz	506	506	505		
Irland	503	504	501	pe	
Belgien	502	498	506		co
Dänemark	502	502	502		
Polen	501	502	501		
Portugal	501	500	502		
Norwegen	498	502	496	pe	
Ver. Staaten	496	490	501		co
Österreich	495	501	490	pe	
Frankreich	495	489	499		co
Schweden	493	498	491	pe	
OECD-Durchschnitt	493	493	493		
Tschech. Rep.	493	499	488	pe	
Spanien	493	494	492		
Lettland	490	489	492		co
Russ. Föderation	487	488	485		
Luxemburg	483	483	482		
Italien	481	483	479	pe	
Ungarn	477	480	474	pe	
Litauen	475	478	474	pe	
Kroatien	475	476	475		
Island	473	468	477		co
Israel	467	462	470		co
Slowak. Rep.	461	463	458	pe	
Griechenland	455	455	454		
Chile	447	448	446		
Bulgarien	446	447	445		
Ver. Arab. Emirate	437	437	435		
Uruguay	435	434	436		
Zypern*	433	430	434		co
Türkei	425	425	425		
Thailand	421	420	422		
Costa Rica	420	421	417	pe	
Katar	418	416	418		
Kolumbien	416	413	417		co
Mexiko	416	414	416		
Montenegro	411	409	411		
Brasilien	401	400	401		
Peru	397	392	399		co
Tunesien	386	386	386		
Dominik. Rep.	332	331	330		

* Vgl. Anmerkung 1 unter Abbildung I.2.13.

1. Relative Stärken sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet; leere Zellen bedeuten, dass die auf der entsprechenden Subskala erzielte Punktzahl im Vergleich zu anderen Subskalen nicht signifikant höher oder aber niedriger war. Die wissensbezogenen Subskalen werden in der Abbildung wie folgt abgekürzt: co (content knowledge) – Konzeptuelles Wissen; pe (procedural and epistemic knowledge) – Prozedurales und epistemisches Wissen.

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften, in denen PISA 2015 am Computer durchgeführt wurde.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.14.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432228>



Abbildung I.2.31 ■ **Vergleich der Länder und Volkswirtschaften auf den verschiedenen inhaltsbezogenen naturwissenschaftlichen Subskalen**

	Mittlere Punktzahl auf der Gesamtskala Naturwissenschaften	Mittlere Punktzahl auf den einzelnen inhaltsbezogenen Subskalen			Relative Stärken in Naturwissenschaften: Mittlere Punktzahl auf der inhaltsbezogenen Subskala ... ¹		
		Physikalische Systeme	Lebende Systeme	Erde und Weltraum	... Physikalische Systeme (ph) ist höher als auf...	... Lebende Systeme (li) ist höher als auf Erde und Weltraum (es) ist höher als auf...
Singapur	556	555	558	554		ph es	
Japan	538	538	538	541			
Estland	534	535	532	539	li		ph li
Chinesisch Taipeh	532	531	532	534			
Finnland	531	534	527	534	li		li
Macau (China)	529	533	524	533	li		li
Kanada	528	527	528	529			
Hongkong (China)	523	523	523	523			
P-S-J-G (China)	518	520	517	516			
Korea	516	517	511	521	li		ph li
Neuseeland	513	515	512	513			
Slowenien	513	514	512	514			
Australien	510	511	510	509			
Ver. Königreich	509	509	509	510			
Deutschland	509	505	509	512		ph	ph
Niederlande	509	511	503	513	li		li
Schweiz	506	503	506	508			ph
Irland	503	507	500	502	li es		
Belgien	502	499	503	503		ph	ph
Dänemark	502	508	496	505	li		li
Polen	501	503	501	501			
Portugal	501	499	503	500		ph	
Norwegen	498	503	494	499	li		li
Ver. Staaten	496	494	498	496		ph	
Österreich	495	497	492	497	li		li
Frankreich	495	492	496	496		ph	ph
Schweden	493	500	488	495	li es		li
OECD-Durchschnitt	493	493	492	494	li		li
Tschech. Rep.	493	492	493	493			
Spanien	493	487	493	496		ph	ph
Lettland	490	490	489	493			ph li
Russ. Föderation	487	488	483	489	li		li
Luxemburg	483	478	485	483		ph	ph
Italien	481	479	479	485			ph li
Ungarn	477	481	473	477	li		
Litauen	475	478	476	471	es	es	
Kroatien	475	472	476	477		ph	ph
Island	473	472	476	469	es	ph es	
Israel	467	469	469	457	es	es	
Slowak. Rep.	461	466	458	458	li es		
Griechenland	455	452	456	453		ph es	
Chile	447	439	452	446		ph es	ph
Bulgarien	446	445	443	448			li
Ver. Arab. Emirate	437	434	438	435			
Uruguay	435	432	438	434		ph	
Zypern*	433	433	433	430		es	
Türkei	425	429	424	421	li es		
Thailand	421	423	422	416	es	es	
Costa Rica	420	417	420	418		ph	
Katar	418	415	423	409	es	ph es	
Kolumbien	416	414	419	411		ph es	
Mexiko	416	411	415	419		ph	ph
Montenegro	411	407	413	410		ph	
Brasilien	401	396	404	395		ph es	
Peru	397	389	402	393		ph es	
Tunesien	386	379	390	387		ph	ph
Dominik. Rep.	332	332	332	324	es	es	

* Vgl. Anmerkung 1 unter Abbildung I.2.13.

1. Relative Stärken sind durch einen dunkleren Farbton gekennzeichnet; leere Zellen bedeuten, dass die auf der entsprechenden Subskala erzielte Punktzahl im Vergleich zu anderen Subskalen nicht signifikant höher oder aber niedriger war. Die inhaltsbezogenen Subskalen werden in der Abbildung wie folgt abgekürzt: ph (physical systems) – Physikalische Systeme; li (living systems) – Lebende Systeme; es (earth and space systems) – Erde und Weltraum.

Anmerkung: Aufgeführt sind nur Länder und Volkswirtschaften, in denen PISA 2015 am Computer durchgeführt wurde.

Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach den Durchschnittsergebnissen im Bereich Naturwissenschaften angeordnet.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.15.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432235>



Auf jede Inhaltskategorie entfällt etwa ein Drittel der Testeinheiten in der PISA-Erhebung 2015. Dabei wurden die Items – nicht die Testeinheiten – nach Inhaltssystemen klassifiziert. Die Klassifizierung beschreibt nicht allgemeine Merkmale des Stimulusmaterials, sondern das konzeptuelle Wissen, das zur Lösung einer bestimmten Aufgabe erforderlich ist. So sind beispielsweise in der Testeinheit NACHHALTIGE FISCHZUCHT die ersten drei Fragen der Inhaltskategorie Lebende Systeme und die letzte Frage der Kategorie Physikalische Systeme zugeordnet.

Die einzelnen Länder setzen in ihren Lehrplänen unterschiedliche thematische Schwerpunkte, und die Schülerinnen und Schüler können – in Abhängigkeit von ihren Interessen und dem Umfang, in dem sie von entsprechenden Phänomenen (z.B. Erdbeben, Umweltverschmutzung oder Krankheiten) betroffen sind – unterschiedlich stark mit bestimmten Themen vertraut sein, die mit den drei Inhaltskategorien in PISA zusammenhängen.

Abbildung I.2.31 zeigt die Durchschnittsergebnisse der einzelnen Länder und Volkswirtschaften auf der Gesamtskala Naturwissenschaften und den drei inhaltsbezogenen Subskalen. Eine farbige Markierung auf der rechten Seite der Abbildung signalisiert statistisch signifikante Punktzahldifferenzen zwischen verschiedenen Subskalen und weist für die einzelnen Länder und Volkswirtschaften Inhaltsbereiche aus, in denen sie im Vergleich zu anderen Bereichen relativ gut abgeschnitten haben.

Im Allgemeinen entsprechen die Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Ländern und Volkswirtschaften den auf der Gesamtskala Naturwissenschaften festgestellten Differenzen, und die Durchschnittsergebnisse auf den verschiedenen Subskalen weichen lediglich um ein paar Punkte voneinander ab. Viele Länder, deren Ergebnisse unter dem OECD-Durchschnitt liegen, erzielten im Inhaltsbereich Lebende Systeme jedoch vergleichsweise bessere Leistungen. Besonders ausgeprägt war diese relative Stärke im Vergleich zu den anderen beiden Inhaltsbereichen in Brasilien, Peru und Katar. Die Durchschnittsergebnisse dieser Länder bzw. Volkswirtschaften auf der Subskala Lebende Systeme waren mindestens 8 Punkte höher als ihre Durchschnittsergebnisse auf den anderen beiden inhaltsbezogenen Subskalen.

Die geschlechtsspezifischen Leistungsunterschiede in den verschiedenen Inhaltsbereichen entsprachen weitgehend den geschlechtsspezifischen Leistungsunterschieden auf der Gesamtskala Naturwissenschaften, mit einer geringeren Leistungsvarianz als bei den kompetenz- oder wissensbezogenen Subskalen (Abb. I.2.29). Im OECD-Durchschnitt schnitten Jungen auf der Subskala Physikalische Systeme (Tabelle I.2.21d) um 9 Punkte und auf der Subskala Erde und Weltraum (Tabelle I.2.23d) um 4 Punkte besser ab als Mädchen. Auf der Subskala Lebende Systeme erzielten Jungen und Mädchen im Durchschnitt dieselbe mittlere Punktzahl (Tabelle I.2.22d).

EPISTEMISCHE ÜBERZEUGUNGEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER IM HINBLICK AUF NATURWISSENSCHAFTEN

Naturwissenschaftliche Grundbildung umfasst gemäß der Definition in PISA nicht nur Wissen über die natürliche Welt und technologische Entwicklungen (konzeptuelles Wissen), sondern auch Wissen darüber, wie solche Ideen von Wissenschaftlern gewonnen werden, sowie ein Verständnis der Zielsetzungen naturwissenschaftlicher Forschung und des Wesens naturwissenschaftlicher Thesen (prozedurales und epistemisches Wissen) (OECD, 2016b). In PISA wurde der Umfang, in dem die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, ihr Wissen über die Methoden und Ziele der Naturwissenschaft zur Interpretation naturwissenschaftlicher Thesen zu nutzen, anhand von Testitems gemessen, die der Kategorie epistemisches Wissen zugeordnet wurden, wie etwa die Items der Testeinheit UNTERSUCHUNG VON HANGFLÄCHEN.

Im Hintergrundfragebogen von PISA 2015 wurden die Schülerinnen und Schüler zu ihren persönlichen epistemischen Überzeugungen in Bezug auf Naturwissenschaften befragt, d.h. ihren Überzeugungen hinsichtlich des Wesens des Wissens in Naturwissenschaften sowie der Validität naturwissenschaftlicher Forschungsmethoden als Wissensquelle. Bei Schülerinnen und Schülern, deren epistemische Überzeugungen mit gegenwärtig herrschenden Ansichten zum Wesen der Naturwissenschaften in Einklang stehen, wird davon ausgegangen, dass sie naturwissenschaftliche Forschungsansätze schätzen.

Epistemische Überzeugungen sind die Ansichten des Einzelnen zum Wesen, zur Struktur und zur Quelle von Wissen, wie etwa dazu, was als „wahr“ gilt und wie die Validität einer These ermittelt werden kann (Hofer und Pintrich, 1997). Wenn Schülerinnen und Schüler nach Wissen und Verständnis streben, Aussagen grundsätzlich hinterfragen, Daten und deren Bedeutung recherchieren, Nachweise einfordern, Logik respektieren und Prämissen beachten, kann ihnen eine „wissenschaftliche Grundhaltung“ attestiert und davon ausgegangen werden, dass sie naturwissenschaftliche Forschungsansätze unterstützen. Die genannten Eigenschaften sind charakteristisch für naturwissenschaftliches Denken. Derartige Überzeugungen und Neigungen stehen nachweislich in direktem Zusammenhang sowohl mit der Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, sich neues Wissen in Naturwissenschaften anzueignen, als auch mit ihren Noten in naturwissenschaftlichen Schulfächern (Mason et al., 2012).



Epistemische Überzeugungen verändern sich mit dem Alter, bedingt durch die kognitive Entwicklung und Bildung (Kuhn, Cheney und Weinstock, 2000). Im Bereich der Naturwissenschaften sind ältere Schülerinnen und Schüler mit größerer Wahrscheinlichkeit der Meinung, dass naturwissenschaftliches Wissen komplex und vorläufig ist und sich kontinuierlich weiterentwickelt, nicht das Eigentum allwissender Instanzen ist und sich anhand von stichhaltigen Beweisen validieren lässt (Mason et al., 2012). Die Überzeugung, dass es sich bei den Naturwissenschaften um einen sich weiterentwickelnden und kontinuierlichen Veränderungen unterliegenden Wissenskorpus handelt und dass wissenschaftliche Experimente notwendig sind, um naturwissenschaftliches Wissen zu begründen, steht auch mit der Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum Lernen in Zusammenhang – insbesondere mit der Überzeugung, dass Kompetenz keine unveränderliche Eigenschaft darstellt, sondern nach und nach erworben wird (Chen und Pajares, 2010).

PISA erfasste nicht alle epistemischen Überzeugungen, sondern konzentrierte sich darauf, die Ansichten der Schülerinnen und Schüler zur Validität und zu den Grenzen naturwissenschaftlicher Experimente sowie zur Vorläufigkeit und Veränderlichkeit naturwissenschaftlichen Wissens zu ermitteln. Dies geschah anhand der Antworten der Schülerinnen und Schüler („stimme völlig zu“, „stimme eher zu“, „stimme eher nicht zu“ oder „stimme überhaupt nicht zu“) auf die folgenden Aussagen: „eine gute Möglichkeit herauszufinden, ob etwas wahr ist, ist ein Experiment durchzuführen“, „naturwissenschaftliche Erkenntnisse ändern sich manchmal“, „gute Antworten basieren auf Befunden aus vielen unterschiedlichen Experimenten“, „es ist gut Experimente mehrmals durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse stimmen“, „manchmal ändern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Meinung über das, was in den Naturwissenschaften wahr ist“ und „Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Fachbüchern ändern sich manchmal“. Diese Aussagen stehen in Bezug zu der Überzeugung, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist (d.h. das Bewusstsein, dass naturwissenschaftliche Theorien keine absoluten Wahrheiten darstellen, sondern sich im Zeitverlauf weiterentwickeln), sowie Überzeugungen hinsichtlich der Validität und der Grenzen empirischer Forschungsmethoden als Wissensquelle.

Durchschnittliche Unterstützung naturwissenschaftlicher Forschungsansätze

In den OECD-Ländern gaben im Durchschnitt 84% der Schülerinnen und Schüler an, der Aussage „eine gute Möglichkeit herauszufinden, ob etwas wahr ist, ist ein Experiment durchzuführen“ entweder „völlig“ oder „eher“ zuzustimmen; 81% stimmten zu, dass sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse manchmal ändern; 86% waren der Meinung, dass gute Antworten auf Befunden aus vielen unterschiedlichen Experimenten basieren; 85% hielten es für gut, Experimente mehrmals durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse stimmen; 80% stimmten der Aussage zu, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Meinung über das, was in den Naturwissenschaften wahr ist, manchmal ändern, und 79% stimmten zu, dass sich Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Fachbüchern manchmal ändern (Abb. I.2.32).

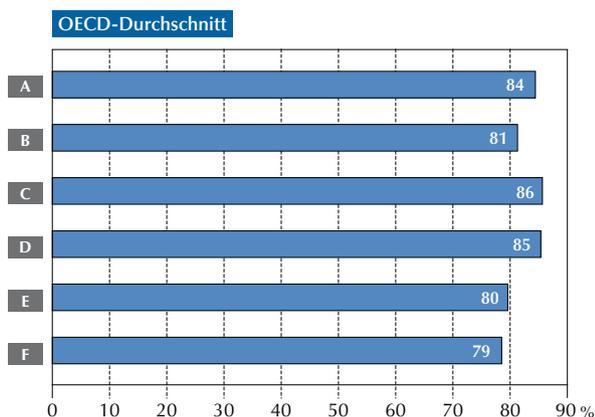
Diese hohen Zustimmungsqoten signalisieren eine breite Unterstützung naturwissenschaftlicher Forschungsansätze, die Antworten fielen jedoch in den einzelnen Ländern und Volkswirtschaften sehr unterschiedlich aus. Zwar meinten in Irland, Singapur und Chinesisch Taipeh mehr als 93% der Schülerinnen und Schüler, dass gute Antworten auf Befunden aus vielen unterschiedlichen Experimenten basieren, doch in Albanien, Algerien, Österreich, Montenegro und der Türkei stimmten weniger als 77% der Schülerinnen und Schüler dieser Aussage zu (und mehr als 23% stimmten nicht zu) (Tabelle I.2.12a). Und während über 90% der Schülerinnen und Schüler in Australien, Irland, Neuseeland, Portugal, Chinesisch Taipeh, dem Vereinigten Königreich und den Vereinigten Staaten die Aussage bejahten, dass sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse manchmal ändern, was von einem Verständnis der Naturwissenschaften als veränderlichem und sich weiterentwickelndem Wissenskorpus zeugt, war zugleich mehr als ein Drittel der Schülerinnen und Schüler in Österreich, Indonesien, dem Libanon, Rumänien und Tunesien anderer Meinung.

Länderspezifische Unterschiede bei Indizes und Prozentsätzen, die aus Fragebogenskalen abgeleitet werden, sind mit Vorsicht zu interpretieren, da sich nicht nach ebenso strengen Maßstäben wie bei den Testitems überprüfen lässt, ob die Fragebogenitems in allen Sprachen und Ländern äquivalent sind. Aufgrund der begrenzten Anzahl an Items, die Selbstausskünfte der Befragten zu ihren Einstellungen erfassen, kann ein einziges Item, dessen Formulierung in verschiedenen Sprachen unterschiedlich verstanden wird, einen unverhältnismäßig starken Effekt auf die Rangfolge der Länder und Volkswirtschaften auf dem Index haben, der aus diesen Items abgeleitet wird. Zudem kann die internationale Vergleichbarkeit durch Nichtbeantwortung des Hintergrundfragebogens (entweder des gesamten Fragebogens, der getrennt von dem kognitiven Test erhoben wird, oder einzelner Fragen aus dem Fragebogen) beeinträchtigt werden. Die Unsicherheit bezüglich der interkulturellen Äquivalenz der Fragebogenskalen fällt jedoch bei Vergleichen innerhalb einzelner Länder (z.B. zwischen Jungen und Mädchen) oder Vergleichen der Zusammenhänge zwischen den Fragebogenskalen und Leistungen weniger ins Gewicht (vgl. Kasten I.2.4).



Abbildung I.2.32 ■ **Epistemische Überzeugungen der Schüler**
 Prozentsatz der Schüler, die den folgenden Aussagen „eher“ oder „völlig“ zustimmten

A	Eine gute Möglichkeit herauszufinden, ob etwas wahr ist, ist ein Experiment durchzuführen
B	Naturwissenschaftliche Erkenntnisse ändern sich manchmal
C	Gute Antworten basieren auf Befunden aus vielen unterschiedlichen Experimenten
D	Es ist gut Experimente mehrmals durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse stimmen
E	Manchmal ändern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Meinung über das, was in den Naturwissenschaften wahr ist
F	Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Fachbüchern ändern sich manchmal



	A	B	C	D	E	F
OECD-Länder						
Australien	89	92	92	93	87	86
Österreich	73	63	76	77	67	67
Belgien	88	82	88	86	82	79
Kanada	89	89	91	92	88	87
Chile	80	77	81	83	75	71
Tschech. Rep.	82	79	84	83	81	77
Dänemark	88	85	89	87	89	81
Estland	88	85	89	89	83	85
Finnland	84	84	87	87	78	81
Frankreich	88	83	86	84	81	80
Deutschland	78	71	79	76	65	66
Griechenland	80	70	85	84	75	70
Ungarn	78	71	81	80	68	70
Island	87	88	90	90	87	85
Irland	93	92	93	94	82	82
Israel	86	84	86	86	81	78
Italien	86	80	84	87	77	76
Japan	81	82	85	81	76	77
Korea	86	89	87	88	88	86
Lettland	81	79	81	77	79	78
Luxemburg	80	68	80	78	68	68
Mexiko	84	76	83	80	75	77
Niederlande	85	81	85	85	77	72
Neuseeland	90	91	91	93	86	84
Norwegen	84	83	87	85	84	80
Polen	86	78	85	85	80	83
Portugal	90	91	91	93	89	90
Slowak. Rep.	75	75	78	77	75	73
Slowenien	89	87	89	90	81	78
Spanien	85	82	87	88	81	81
Schweden	86	86	87	88	86	84
Schweiz	81	70	81	80	71	71
Türkei	73	72	76	76	72	71
Ver. Königreich	90	92	91	93	87	87
Ver. Staaten	90	92	91	92	86	87

	A	B	C	D	E	F
Partnerländer und -volkswirtschaften						
Albanien	85	78	75	85	75	89
Algerien	79	71	75	78	64	65
CABA (Argentinien)	84	85	84	87	80	75
Brasilien	85	84	88	88	82	79
Bulgarien	81	77	82	80	77	77
P-S-J-G (China)	89	83	91	87	82	82
Chinesisch Taipeh	88	94	94	94	93	94
Kolumbien	81	77	82	84	75	72
Costa Rica	79	75	81	83	78	77
Kroatien	89	87	89	85	83	83
Dominik. Rep.	78	77	80	80	74	71
ejR Mazedonien	78	78	81	84	75	77
Georgien	86	86	86	86	82	78
Hongkong (China)	85	89	90	90	88	86
Indonesien	92	62	84	90	69	58
Jordanien	75	75	79	81	72	71
Kosovo	84	80	85	87	74	77
Libanon	79	65	81	81	68	67
Litauen	81	79	81	79	77	77
Macau (China)	88	88	91	82	86	85
Malta	85	86	89	89	76	77
Moldau	82	83	87	85	80	74
Montenegro	71	74	77	79	75	75
Peru	82	79	82	84	76	75
Katar	80	78	82	83	77	76
Rumänien	76	66	82	79	67	63
Russ. Föderation	79	79	83	82	81	78
Singapur	91	89	94	95	88	87
Thailand	89	88	89	89	87	87
Trinidad und Tobago	86	80	87	88	75	75
Tunesien	78	66	80	82	69	69
Ver. Arab. Emirate	84	82	85	87	80	80
Uruguay	79	80	80	82	77	77
Vietnam	82	82	88	83	78	78

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.12a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432243>



Box I.2.4 Internationale Vergleichbarkeit von Fragebogenskalen

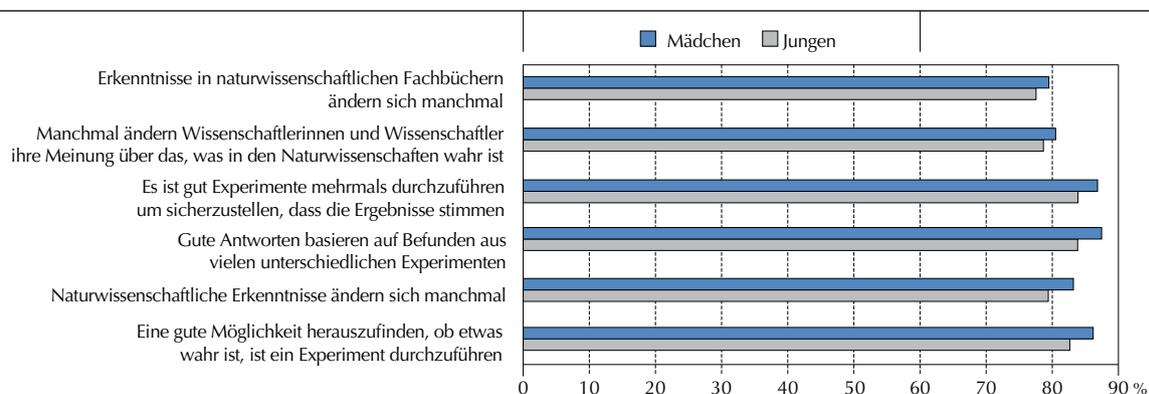
Die meisten Indikatoren zu den Überzeugungen, dem Verhalten und den Einstellungen von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Naturwissenschaften beruhen auf Selbstauskünften. Dabei können gewisse Messfehler auftreten, z.B. weil die Schülerinnen und Schüler rückblickend Angaben zu ihrem Verhalten in der Vergangenheit machen sollen. Kulturell bedingte Unterschiede bei der Einstellung zur Selbstaufwertung können die Ergebnisse der einzelnen Länder, die auf Eigenangaben der Schülerinnen und Schüler zu ihren Überzeugungen, ihrem Verhalten und ihrer Einstellung basieren, beeinflussen (Bempechat, Jimenez und Boulay, 2002). Die Fachliteratur hat durchweg gezeigt, dass Antworttendenzen wie z.B. soziale Erwünschtheit, Akquieszenz und Tendenz zu Extremantworten in Ländern mit niedrigem BIP häufiger auftreten als in reicheren Ländern, sowie innerhalb einzelner Länder eher unter Schülerinnen und Schülern aus benachteiligten Familien bzw. Familien mit niedrigerem Bildungsniveau (Buckley, 2009).

In PISA 2015 wurden neue Skalierungsmethoden eingeführt, um die Validität der Fragebogenindizes insbesondere für Ländervergleiche zu verbessern. Für jedes Item in jeder Skala wurde während des Schätzverfahrens ein Index des Item-Fit für die einzelnen nach Sprachgruppen aufgeteilten Länder erstellt. Dieser Fit-Index informiert über die differenzielle Itemfunktion (Differential Item Functioning – DIF) für die einzelnen Gruppen und kann eingesetzt werden, um die generelle Vergleichbarkeit der Skalen zwischen verschiedenen Ländern und Sprachgruppen zu ermessen.

Auf Fragebogenitems basierende Analysen können auch durch Schweigeverzerrung (Non-Response Bias) beeinflusst werden. Während auf den Naturwissenschafts-, Lesekompetenz- und Mathematikleistungen der Schülerinnen und Schüler basierende Statistiken für die gesamte PISA-Stichprobe berechnet werden, werden durch Fragebogen erhobene Schülermerkmale in der PISA-Datenbank als „fehlend“ erfasst, wenn der betreffende Schüler die entsprechende Frage oder den gesamten Fragebogen nicht ausgefüllt hat. Die Analysen in diesem Bericht gehen davon aus, dass solche fehlenden Antworten ignoriert werden können. Wenn aber die Nichtbeantwortungsquoten unter den an PISA teilnehmenden Schülerinnen und Schülern hoch sind (z.B. über 5% der Stichprobe) und von Land zu Land stark voneinander abweichen, können Verzerrungen in der Stichprobenauswahl für die Analyse die länderübergreifende Vergleichbarkeit von Populationsstatistiken (wie z.B. einfache Mittelwerte oder Korrelationen mit der Leistung) beeinträchtigen. Anhang A1 gibt für jede Fragebogenvariable, die in diesem Band verwendet wird, den Prozentsatz der Beobachtungen an, für den die betreffenden Informationen nicht fehlen.

Abbildung I.2.33 ■ Geschlechtsspezifische Unterschiede bei den epistemischen Überzeugungen der Schüler

Prozentsatz der Schüler, die den folgenden Aussagen „eher“ oder „völlig“ zustimmten, OECD-Durchschnitt



Anmerkung: Alle zwischen Jungen und Mädchen festgestellten Differenzen sind statistisch signifikant (Anhang A3).

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.12c.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933432254>



Box I.2.5 Interpretation der Fragebogenindizes in PISA

Die zur Beschreibung der Überzeugungen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Naturwissenschaften verwendeten Indizes wurden ursprünglich so konstruiert, dass der durchschnittliche OECD-Schüler einen Indexwert von 0 hätte und ungefähr zwei Drittel der OECD-Schülerpopulation zwischen den Werten -1 und 1 liegen würden (d.h. der Index hat eine Standardabweichung von 1). Negative Werte auf dem Index lassen daher nicht zwangsläufig darauf schließen, dass die betreffende Frage negativ beantwortet wurde. Negative Indexwerte besagen lediglich, dass diese Schülerinnen und Schüler weniger positiv geantwortet haben als der Durchschnitt in den OECD-Ländern. Analog dazu handelt es sich bei Schülerinnen und Schülern mit positiven Indexwerten um jene, die positiver geantwortet haben als der Durchschnitt der Schüler in den OECD-Ländern (eine detaillierte Beschreibung der Indexkonstruktion ist in Anhang A1 zu finden).

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede bei den epistemischen Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern sind generell gering (Abb. I.2.33). Die am häufigsten beobachteten Unterschiede bestehen darin, dass mehr Mädchen als Jungen angeben, empirische Forschungsansätze als Wissensquelle zu unterstützen und die Ansicht zu teilen, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse vorläufig sind und Änderungen unterliegen. Die größte diesbezügliche Differenz zwischen Jungen und Mädchen trat in Jordanien auf, wo der Aussage „eine gute Möglichkeit herauszufinden, ob etwas wahr ist, ist ein Experiment durchzuführen“ 86% der Mädchen, aber nur 62% der Jungen zustimmten (Tabelle I.2.12c). Deutlich höhere Zustimmungswerten von Mädchen als von Jungen wurden auch in der eJR Mazedonien, in Georgien, Litauen und Slowenien festgestellt.

Wie Abbildung I.2.34 zeigt, schnitten Schülerinnen und Schüler beim PISA-Naturwissenschaftstest im Durchschnitt umso besser ab, je stärker sie den Aussagen zustimmten, dass sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse im Zeitverlauf ändern und dass Experimente eine gute Möglichkeit darstellen, um herauszufinden, ob etwas wahr ist. Die Erkenntnisse aus PISA 2015 können nicht dazu verwendet werden, einen direkten Kausalzusammenhang zwischen individuellen epistemischen Überzeugungen und Schülerleistungen in einem Naturwissenschaftstest herzustellen; PISA zeigt jedoch, dass zwischen beiden ein enger Zusammenhang besteht.

Die blauen Balken in Abbildung I.2.34 stellen die geschätzte Leistungsdifferenz im Bereich Naturwissenschaft dar, die mit einer Differenz von einer Einheit auf dem Index der epistemischen Überzeugungen in Bezug auf Naturwissenschaften assoziiert ist. Diese Differenz entspricht ungefähr der Differenz zwischen einem Schüler, der den Aussagen „eine gute Möglichkeit herauszufinden, ob etwas wahr ist, ist ein Experiment durchzuführen“ und „es ist gut Experimente mehrmals durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse stimmen“ „völlig“ und allen anderen Aussagen „eher“ zustimmte, und einem Schüler, der allen Aussagen „eher“ zustimmte, mit Ausnahme der Aussage „Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Fachbüchern ändern sich manchmal“, der er „eher nicht“ zustimmte. Das erstgenannte Antwortschema entspricht einem Indexwert von 0,49 (eine halbe Standardabweichung über dem OECD-Durchschnitt), das letztere einem Indexwert von -0,51.

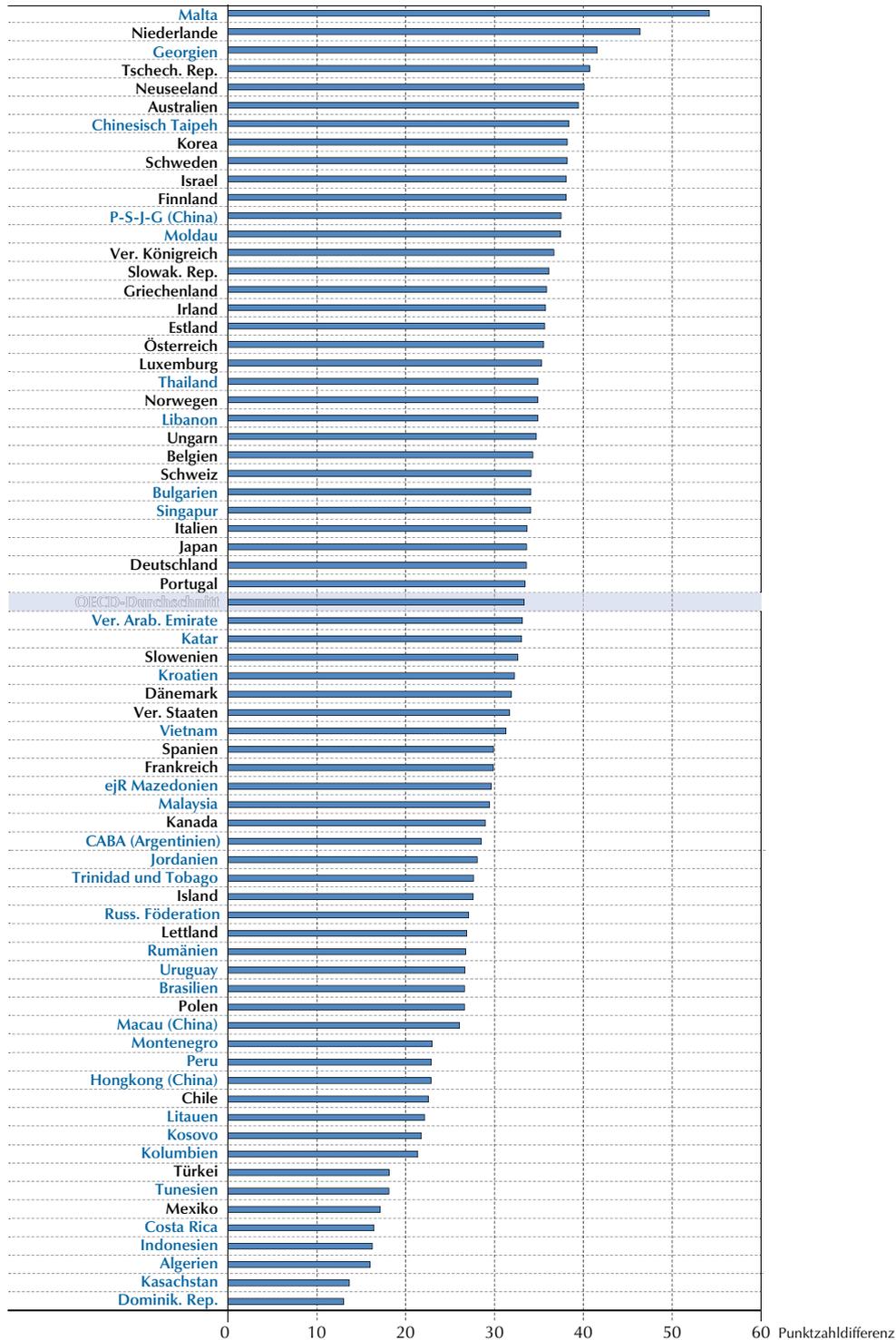
Im OECD-Durchschnitt sind höhere Zustimmungswerte in Bezug auf den vorläufigen, sich weiterentwickelnden und kumulativen Charakter von naturwissenschaftlichem Wissen und eine stärkere Unterstützung empirischer Forschungsansätze in Naturwissenschaften mit einem besseren Abschneiden beim PISA-Naturwissenschaftstest assoziiert. Ein Anstieg des Indexwerts um eine Einheit entspricht einer Punktzahldifferenz von 33 Punkten auf der Gesamtskala Naturwissenschaften, d.h. ungefähr einem Schuljahr. Die Tatsache, dass alle blauen Balken positive Werte darstellen, lässt darauf schließen, dass in allen Ländern und Volkswirtschaften ein Zusammenhang zwischen höheren Zustimmungswerten bei den Fragen zu den epistemischen Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler und höheren Leistungen besteht. Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler gaben im Allgemeinen häufiger als leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler an, dass sie den Aussagen, aus denen sich dieser Index zusammensetzt, „eher“ zustimmten.

Die Unterschiede bei den epistemischen Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf Naturwissenschaften erklären ungefähr 12% der Leistungsvarianz in Naturwissenschaften – ein ähnlich großer Anteil an der Leistungsvarianz, wie dem sozioökonomischen Status der Schülerinnen und Schüler zugeschrieben wird (vgl. Kapitel 6). Zwar ist dieser Zusammenhang in allen Ländern positiv und statistisch signifikant, in Algerien, Costa Rica, der Dominikanischen Republik, Indonesien, Kasachstan, Mexiko und Tunesien ist er aber deutlich schwächer ausgeprägt. In diesen Ländern und Volkswirtschaften sind weniger als 6% der Leistungsvarianz in Naturwissenschaften auf unterschiedliche epistemische Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf Naturwissenschaften zurückzuführen, und die Leistungsdifferenz in Naturwissenschaften, die mit einer Änderung um eine Einheit auf dem Index der epistemischen Überzeugungen in Bezug auf Naturwissenschaften assoziiert ist, beträgt weniger als 20 Punkte (Tabelle I.2.12b).



Abbildung I.2.34 ■ Zusammenhang zwischen der Überzeugung der Schüler von naturwissenschaftlichen Forschungsansätzen und den Leistungen in Naturwissenschaften

Mit einem Anstieg um eine Einheit auf dem Index der epistemischen Überzeugungen assoziierte Punktzahldifferenz in Naturwissenschaften



Anmerkung: Alle Differenzen sind statistisch signifikant (vgl. Anhang A3).

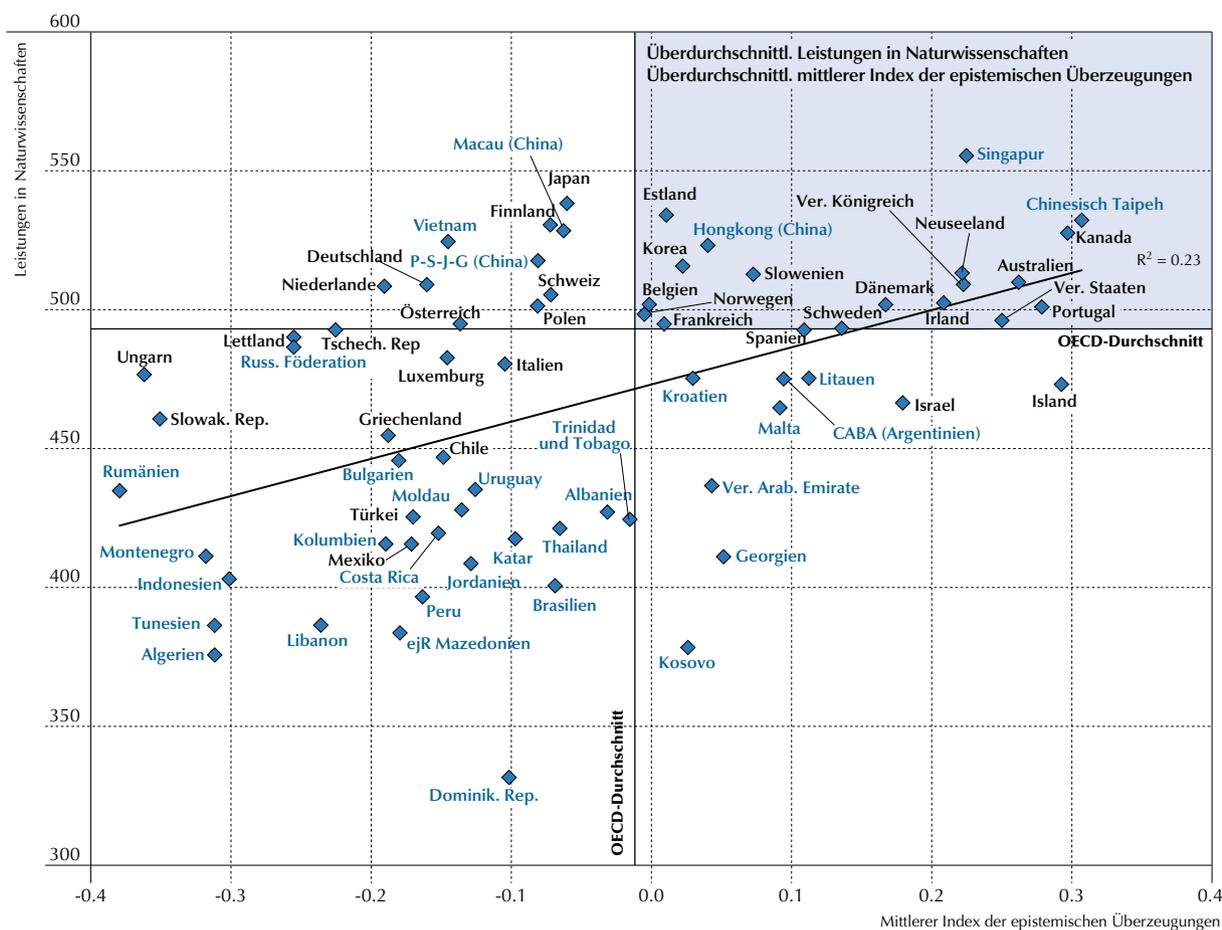
Die Länder und Volkswirtschaften sind in absteigender Reihenfolge nach der durchschnittlichen Punktzahldifferenz in Naturwissenschaften angeordnet, die mit einem Anstieg um eine Einheit auf dem Index der epistemischen Überzeugungen assoziiert ist.

Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.12d.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432261>

Auf Ebene der einzelnen Länder und Volkswirtschaften weist der mittlere Index der epistemischen Überzeugungen mit einer Korrelation von 0,5 einen leicht positiven Zusammenhang mit den Ergebnissen in Naturwissenschaften auf. Abbildung I.2.35 zeigt, dass in Ländern mit niedrigeren Durchschnittsergebnissen in Naturwissenschaften die Wahrscheinlichkeit geringer war, dass die Schülerinnen und Schüler der Aussage, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist, zustimmten und naturwissenschaftliche Forschungsansätze unterstützten. Zugleich war unter Ländern mit höheren Durchschnittsergebnissen in Naturwissenschaften eine größere Bandbreite bei den durchschnittlichen Überzeugungen der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Wesen naturwissenschaftlichen Wissens und die Frage, wie solches Wissen gewonnen werden kann, festzustellen. Dies deutet zwar auf einen plausiblen Zusammenhang hin, der von einer Kausalbeziehung herrühren kann, da es sich jedoch um Querschnittsdaten handelt und Unsicherheit über die kulturübergreifende Äquivalenz der Fragebogenskalen besteht, können keine belastbaren Schlüsse über die Kausalitäten gezogen werden.

Abbildung I.2.35 ■ Zusammenhang auf Systemebene zwischen den Leistungen in Naturwissenschaften und der Überzeugung der Schüler von naturwissenschaftlichen Forschungsansätzen



Quelle: OECD, PISA-2015-Datenbank, Tabelle I.2.3 und I.2.12a.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933432270>



Anmerkungen

1. Items, die hauptsächlich prozedurales oder epistemisches Wissen erfordern, wurden außerdem nach den Inhaltsbereichen oder -systemen eingestuft, die den Kontext für dieses Wissen bilden.
2. Die Ergebnisse von drei Ländern sind jedoch aufgrund von Problemen im Zusammenhang mit dem Erfassungsgrad der Stichprobe (Argentinien), den Beteiligungsquoten auf Schulebene (Malaysia) oder der Konstrukterfassung (Kasachstan) nicht vollständig vergleichbar, vgl. Anhang A4. Infolgedessen sind die Ergebnisse für diese drei Länder in den meisten Abbildungen nicht enthalten.
3. Die Bestimmung des Schwierigkeitsgrads der Items auf der PISA-Skala in PISA 2000 diente der Definition von Kompetenzstufen, bei denen eine Wahrscheinlichkeit von 62% besteht, die betreffenden Aufgaben korrekt zu lösen (Adams und Wu (Hrsg.), 2003, Kapitel 16).
4. Die naturwissenschaftlichen Subskalen von PISA 2015 sind nicht direkt mit den Subskalen von PISA 2006 vergleichbar, da sie eine andere Art und Weise der Organisation des großen Kompetenzbereichs der naturwissenschaftlichen Grundbildung widerspiegeln.
5. In PISA 2006 wurde der Mittelwert für die Schülerleistungen in Naturwissenschaften in den OECD-Ländern ursprünglich auf 500 Punkte gesetzt (für 30 OECD-Länder). Chile, Estland, Israel und Slowenien traten der OECD 2010 bei. Der OECD-Beitritt Lettlands erfolgte am 1. Juli 2016. Die Ergebnisse dieser fünf Länder werden im gesamten Bericht für alle PISA-Erhebungsrounden, für die Daten vorliegen, im OECD-Durchschnitt berücksichtigt. Infolge der Berücksichtigung neuer Länder wird der OECD-Durchschnitt in PISA 2006 mit 498 Punkten ausgewiesen.
6. Bei den BIP-Werten handelt es sich um das Pro-Kopf-BIP zu jeweiligen Preisen von 2014, das um Kaufkraftunterschiede bereinigt ist.
7. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Anzahl der in den Vergleich einbezogenen Länder klein ist und die Trendgerade daher stark von den besonderen Merkmalen der einbezogenen Länder abhängt.
8. Die Ausgaben je Schüler werden näherungsweise errechnet, indem die öffentlichen und privaten Ausgaben für Bildungseinrichtungen je Schüler im Jahr 2015 auf jeder Bildungsstufe mit der theoretischen Dauer der Teilnahme an den jeweiligen Bildungsstufen bis zum Alter von 15 Jahren multipliziert werden. Die kumulativen Ausgaben eines gegebenen Landes werden wie folgt näherungsweise errechnet: Nimmt man $n(0)$, $n(1)$ und $n(2)$ für die Anzahl der Jahre, die ein Schüler zwischen 6 und 15 Jahren in der Regel in der Primarstufe, der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II verbringt, und $E(0)$, $E(1)$ und $E(2)$ für die jährlichen Ausgaben je Schüler in US-Dollar, umgerechnet auf der Basis von Kaufkraftparitäten, für die Primarstufe, die Sekundarstufe I und die Sekundarstufe II, dann lassen sich die kumulativen Ausgaben durch Multiplikation der jeweiligen Jahresausgaben E mit der Regeldauer n auf jeder Bildungsstufe i unter Verwendung der nachstehenden Formel berechnen:

$$CE = \sum_{i=0}^2 n(i) * E(i)$$

9. In den ersten internationalen Vergleichsstudien von Schülerleistungen wurden ähnliche Annahmen zugrunde gelegt. Beispielsweise stellten die Autoren der First International Science Study (FISS) die „etwas pauschale, aber generell nicht ungerechtfertigte Hypothese auf [...], dass die Teile der Population, die nicht am Test teilnahmen, weil sie ihre Sekundarschulbildung abgebrochen hatten, Ergebnisse unter dem 25. Perzentil erzielt hätten, da sie nicht am naturwissenschaftlichen Unterricht teilgenommen hatten (Comber und Keeves, 1973, S. 179). In einer ähnlichen Studie verglichen die Autoren der First International Science Study (FISS) Untergruppen von Schülerinnen und Schülern aus der Gesamtstichprobe eines jeden Landes, die denselben prozentualen Anteil der Altersgruppe ausmachten, wie im Land mit dem niedrigsten Erfassungsgrad. Bei Ländern mit höherem Erfassungsgrad wurde nur der obere Bereich der Verteilung verwendet (Husén, 1967, S. 120-127).
10. Bei der PISA-Erhebung 2009 kam es in Österreich zu einem Streit zwischen den Lehrgewerkschaften und der Bildungsministerin, der zu einem PISA-Boycott führte, welcher erst nach der ersten Testwoche aufgehoben wurde. Aufgrund des Boykotts musste die OECD identifizierbare Fälle aus der Datenreihe Österreichs entfernen. Nach der Entfernung dieser Fälle erfüllten die Daten zwar die technischen Standards von PISA 2009, die negative Stimmung gegenüber Bildungserhebungen hatte jedoch die Bedingungen beeinträchtigt, unter denen die PISA-Erhebung durchgeführt wurde, was einen ungünstigen Einfluss auf die Motivation der Schüler bei der Beantwortung der PISA-Aufgaben gehabt haben könnte. Die Vergleichbarkeit der Erhebungsdaten des Jahres 2009 mit denen früherer oder späterer PISA-Erhebungen kann daher für Österreich nicht gewährleistet werden, weshalb die österreichischen Daten für 2009 aus den Trendvergleichen ausgeschlossen wurden.
11. Anmerkung der Türkei: Die Informationen zu „Zypern“ in diesem Dokument beziehen sich auf den südlichen Teil der Insel. Es existiert keine Instanz, die sowohl die türkische als auch die griechische Bevölkerung der Insel vertritt. Die Türkei erkennt die Türkische Republik Nordzypern (TRNZ) an. Bis im Rahmen der Vereinten Nationen eine dauerhafte und gerechte Lösung gefunden ist, wird sich die Türkei ihren Standpunkt in der „Zypernfrage“ vorbehalten.

Anmerkung aller in der OECD vertretenen EU-Mitgliedstaaten und der Europäischen Union: Die Republik Zypern wird von allen Mitgliedern der Vereinten Nationen mit Ausnahme der Türkei anerkannt. Die Informationen in diesem Dokument beziehen sich auf das Gebiet, das sich unter der tatsächlichen Kontrolle der Regierung der Republik Zypern befindet.

12. Die Signifikanz der Differenz zwischen den beobachteten und den bereinigten Trends ist nicht formell erwiesen. Da beide Trends einen gemeinsamen Linking-Fehler und einen perfekt korrelierten Stichproben- und Messfehler aufweisen (sie werden auf der Grundlage derselben Stichproben und Daten geschätzt) und jeder der Schätzwerte mit statistischer Unsicherheit behaftet ist, unterliegt die Differenz zwischen den beiden Schätzwerten keiner dieser Unsicherheitsfaktoren.
13. Anmerkung der Schweiz: In der Schweiz ist der zwischen früheren PISA-Erhebungsrounden und den Stichproben von PISA 2015 verzeichnete Anstieg des gewichteten Anteils der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund größer als die entsprechende Veränderung der Zielpopulation in den amtlichen Statistiken.
14. Der Korrelationskoeffizient liegt über dem Wert, der bei der Regression auf den Mittelwert, die nur durch einen (unabhängigen) Messfehler bestimmt wird, zu erwarten wäre. In einer Simulationsstudie wurden die Ländermittelwerte anhand einer Normalverteilung



(S.D. = 50 – bzw. in etwa der in PISA 2015 bei den Schätzungen des Ländermittelwerts beobachteten Standardabweichung) zusammen mit zwei unabhängigen, verrauschten Messgrößen dieser Mittelwerte (mit normal verteiltem Rauschen, S.D. = 3 – bzw. in etwa dem typischen PISA-Stichprobenfehler für die Ländermittelwerte) generiert. Aus einer Monte-Carlo-Studie, die auf 10 000 Simulationen basiert, geht hervor, dass die Korrelation von einer der verrauschten Messgrößen mit der zwischen den beiden verrauschten Messgrößen bestehenden Differenz im Durchschnitt $-0,04$ beträgt (95%-Konfidenzintervall: $-0,30$ bis $0,22$).

15. Die Ergebnisse der Subskalen werden auf derselben Skala dargestellt wie die Gesamtskala Naturwissenschaften. Dadurch werden Vergleiche zwischen Subskalen innerhalb einer bestimmten Kategorie von Erhebungssitem ermöglicht. Vergleiche zwischen Subskalen, die sich auf unterschiedliche Kategorien beziehen – z.B. zwischen einer kompetenzbezogenen Subskala und einer wissensbezogenen Subskala – oder zwischen Subskalen und der Gesamtskala werden jedoch vermieden, da eine korrekte Schätzung der mit solchen Vergleichen verbundenen Unsicherheit anhand der Daten nicht möglich ist.

Literaturverzeichnis

Adams, R. und M. Wu (Hrsg.) (2003), *Programme for International Student Assessment (PISA): PISA 2000 Technical Report*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264199521-en>.

Chen, J.A. und F. Pajares (2010), "Implicit theories of ability of grade 6 science students: relation to epistemological beliefs and academic motivation and achievement in science", *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 35/1, S. 75-87, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2009.10.003>.

Comber, L.C. und J.P. Keeves (1973), *Science Education in Nineteen Countries*, Wiley & Sons, New York.

Bempechat, J., N.V. Jimenez und B.A. Boulay (2002), "Cultural-cognitive issues in academic achievement: New directions for cross-national research", in A.C. Porter und A. Gamoran (Hrsg.), *Methodological Advances in Cross-National Surveys of Educational Achievement*, S. 117-149, National Academic Press, Washington, D.C.

Buckley, J. (2009), "Cross-national response styles in international educational assessments: Evidence from PISA 2006", Department of Humanities and Social Sciences in the Professions, Steinhardt School of Culture, Education, and Human Development, New York University, New York.

Davidov, E., P. Schmidt und J. Billiet (Hrsg.) (2011), *Cross-Cultural Analysis: Methods and Applications*, Routledge, New York.

Hanushek, E.A. und L. Woessmann (2008), "The role of cognitive skills in economic development", *Journal of Economic Literature*, Vol. 46/3, S. 607-668, <http://dx.doi.org/10.1257/jel.46.3.607>.

Hofer, B.K. und P.R. Pintrich (1997), "The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning", *Review of Educational Research*, Vol. 67/1, S. 88-140, <http://dx.doi.org/10.3102/00346543067001088>.

Husén, T. (Hrsg.) (1967), *International Study of Achievement in Mathematics: A Comparison of Twelve Countries (Vols. I and II)*, Wiley & Sons, New York.

Janssen, R. (2011), "Using a differential item functioning approach to investigate measurement invariance", in E. Davidov, P. Schmidt und J. Billiet (Hrsg.), *Cross-Cultural Analysis: Methods and Applications*, S. 415-432, Routledge, New York, NY.

Keskpaik, S. und F. Salles (2013), "Les élèves de 15 ans en France selon PISA 2012 en culture mathématique : baisse des performances et augmentation des inégalités depuis 2003", *Note d'information* 13.31, MEN-DEP, Paris.

Kuhn, D., R. Cheney und M. Weinstock (2000), "The Development of Epistemological Understanding", *Cognitive Development*, Vol. 15/3, S. 309-328, [http://dx.doi.org/10.1016/S0885-2014\(00\)00030-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0885-2014(00)00030-7).

Mason, L. et al. (2012), "Besides knowledge: A cross-sectional study on the relations between Epistemisch beliefs, achievement goals, self-beliefs, and achievement in science", *Instructional Science*, Vol. 41/1, S. 49-79, <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-012-9210-0>.

Meredith, W. (1993), "Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance", *Psychometrika*, Vol. 58/4, S. 525-543, <http://dx.doi.org/10.1007/BF02294825>.

OECD (erscheint demnächst), *PISA 2015 Technical Report*, PISA, OECD Publishing, Paris.

OECD (2016a), *Low-Performing Students: Why They Fall Behind and How To Help Them Succeed*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264250246-en>.

OECD (2016b), "PISA 2015 Science Framework", in *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>.

OECD (2013), *PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful (Volume IV): Resources, Policies and Practices*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201156-en>.

OECD (2012), *Learning beyond Fifteen: Ten Years after PISA*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264172104-en>.

OECD (2011), *PISA 2009 Ergebnisse: Was macht eine Schule erfolgreich? – Lernumfeld und schulische Organisation in PISA (Band IV)*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264095410-de>.



OECD (2009), *Take the Test: Sample Questions from OECD's PISA Assessments*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264050815-en>.

OECD (2007), *PISA 2006: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*, W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264041257-de>.

OECD, E. Hanushek und L. Woessmann (2015), *Universal Basic Skills: What Countries Stand to Gain*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264234833-en>.

Osborne, J., S. Simon und S. Collins (2003), "Attitudes towards science: A review of the literature and its implications", *International Journal of Science Education*, Vol. 25/9, S. 1049-1079, <http://dx.doi.org/10.1080/0950069032000032199>.

Prenzel, M. et al. (Hrsg.) (2006), *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*, Waxmann Verlag GmbH, Münster.

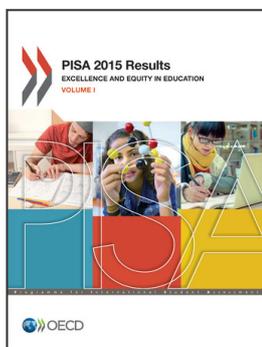
Schibeci, R.A. (1984), "Attitudes to science: An update", *Studies in Science Education*, Vol. 11/1, S. 26-59, <http://dx.doi.org/10.1080/03057268408559913>.

Spaull, N. und S. Taylor (2015), "Access to what? Creating a composite measure of educational quantity and educational quality for 11 African countries", *Comparative Education Review*, Vol. 59/1, S. 133-165, <http://dx.doi.org/10.1086/679295>.

Taylor, S. und N. Spaull (2015), "Measuring access to learning over a period of increased access to schooling: the case of southern and Eastern Africa since 2000", *International Journal of Educational Development*, Vol. 41, S. 47-59, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijedudev.2014.12.001>.

UNESCO (Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur) (2004), *Universal primary completion in Latin America: are we really so near the goal? Regional Report on Education-related Millennium Development Goal*, UNESCO Regional Office for Education in Latin America and the Caribbean, Santiago, Chile. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001389/138995eb.pdf>.

Woessmann, L. (2016), "The importance of school systems: Evidence from international differences in student achievement", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 30/3, S. 3-31, <http://dx.doi.org/10.1257/jep.30.3.3>.



From:
PISA 2015 Results (Volume I)
Excellence and Equity in Education

Access the complete publication at:
<https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>

Please cite this chapter as:

OECD (2016), "Die Leistungen 15-Jähriger in Naturwissenschaften", in *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*, OECD Publishing, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264267879-6-de>

Das vorliegende Dokument wird unter der Verantwortung des Generalsekretärs der OECD veröffentlicht. Die darin zum Ausdruck gebrachten Meinungen und Argumente spiegeln nicht zwangsläufig die offizielle Einstellung der OECD-Mitgliedstaaten wider.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

You can copy, download or print OECD content for your own use, and you can include excerpts from OECD publications, databases and multimedia products in your own documents, presentations, blogs, websites and teaching materials, provided that suitable acknowledgment of OECD as source and copyright owner is given. All requests for public or commercial use and translation rights should be submitted to rights@oecd.org. Requests for permission to photocopy portions of this material for public or commercial use shall be addressed directly to the Copyright Clearance Center (CCC) at info@copyright.com or the Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) at contact@cfcopies.com.