

Strom ohne Steckdose – Akkus in Smartphones

Jennifer Kuklinski, Bochum

Niveau: Sek. I/II

Dauer: 6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- das Funktionsprinzip verschiedener chemischer Energiequellen mit angemessenen Modellen beschreiben und erklären (z. B. Lithium-Ionen-Akkumulatoren).
- die Nutzung verschiedener Energieträger (Atomenergie, Oxidation fossiler Brennstoffe, elektrochemische Vorgänge, erneuerbare Energien) aufgrund ihrer jeweiligen Vor- und Nachteile kritisch beurteilen.
- exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und chemischen Zusammenhängen aufzeigen.
- Daten mit sprachlichen und bildlichen Mitteln angemessen veranschaulichen.
- Standpunkte gegenüber der Lehrkraft und den Mitschülern vertreten.
- in strukturierter sprachlicher Darstellung den Bedeutungsgehalt fachsprachlicher bzw. alltagssprachlicher Texte und anderer Medien beschreiben und erklären.
- gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven, auch unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung, diskutieren und bewerten.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Offene Unterrichtsformen ✓ Hausaufgaben

Hintergrundinformationen

Bei Akkumulatoren handelt es sich um elektrische Speicherzellen, die je nachdem, ob sie gerade Strom produzieren oder geladen werden, als galvanische Zellen oder als elektrolytische Zellen funktionieren. Batterien und Akkumulatoren dienen uns als mobile Energiequellen, in dem sie die Möglichkeit bieten, auch ohne Steckdose (also z. B. unterwegs) elektrische Energie zu nutzen, um z. B. Laptops oder Smartphones betreiben zu können.

Insbesondere für elektronische Geräte wie Smartphones, Digitalkameras und Laptops sind wiederaufladbare Akkumulatoren wichtig. In Smartphones wird im Wesentlichen der Lithium-Ionen-Akkumulator verwendet, welcher sich inzwischen außerdem im Bereich der Elektromobilität durchgesetzt hat. Dieser zeichnet sich durch eine Netzspannung aus, die mit 3,6–4 V recht hoch liegt, und benötigt außerdem eine relativ kurze Zeit zum Aufladen. Ein weiterer Vorteil dieser Akkumulatoren besteht in dem vergleichsweise geringen Memory-Effekt. Der Memory-Effekt tritt insbesondere bei Nickel-Cadmium-Akkumulatoren auf und führt, wenn dieser mehrfach vor der vollständigen Entladung geladen wird oder dauerhaft mit einem Netzteil an die Steckdose angeschlossen ist, durch Bildung kleiner Kristalle einer Nickel-Cadmium-Verbindung, zur Verringerung der verfügbaren Oberfläche der Cadmiumelektrode. Dadurch verringert sich die Zeit, in der der Akku Spannung liefern kann.

In modernen Smartphones sind Kondensatoren verbaut, die das Übergangsmetall Tantal enthalten. Diese Kondensatoren dienen dazu, elektrische Energie zu speichern

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

Schülerinnen sind genauso gemeint.

und wieder abzugeben. Der Lithium-Ionen-Akkumulator allein würde für den Betrieb eines solchen Geräts nicht ausreichen. Bei den meist verwendeten sogenannten „Tantal-Elektrolytkondensatoren“ besteht die Anode aus Tantal.

Zu den Tantalenerzen zählt auch der Rohstoff Coltan, welcher im Kongo abgebaut wird. Die Weiterverarbeitung erfolgt dann in der Regel in China.

Bei Coltan handelt es sich um ein Gemenge von Mineralen. Enthalten sind im Wesentlichen die Metalle Niob und Tantal. Der Name „Coltan“ setzt sich aus der veralteten Bezeichnung für „Niob“ (nämlich „Columbium“) und „Tantal“ zusammen. Es gibt zahlreiche Minerale, die Niob und Tantal enthalten. Einige dieser Minerale sind jedoch besonders begehrt. Dazu gehören z. B. Columbit-(Fe) mit der Formel $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Nb}_2\text{O}_6$ und Tantalit mit der Formel $(\text{Fe},\text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$. Diese (und weitere) Coltanerze finden sich nur in wenigen Abbauregionen der Welt. Am meisten Coltan wird in Australien abgebaut. Bereits auf Platz zwei findet sich die Demokratische Republik Kongo.

Tantalkondensatoren sind im Grunde Plattenkondensatoren, die aus verschiedenen Gründen besonders geeignet für den Einsatz in flachen mobilen Geräten wie z. B. Laptops und Smartphones sind. Zum einen ist die erhöhte Kapazität zu nennen, die durch Sinterung des Tantalpulvers und die dadurch erhöhte Anodenoberfläche erreicht wird. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch eine geringe Temperaturabhängigkeit und eine lange Lebensdauer aus, die durch den Elektrolyten (meist Mangandioxid) erzielt wird.

Der Rohstoff Coltan ist aufgrund seiner Verwendung in modernen Smartphones sehr wertvoll geworden. Dies hat in der Demokratischen Republik Kongo dennoch nicht zu Wohlstand, sondern z. T. sogar zu einer Verschärfung der angespannten Lage geführt. Das Geld aus dem Verkauf des Rohstoffes unterhält in einigen Fällen die Krise, weil sich die Milizen dadurch finanzieren können und z. B. Waffen anschaffen. Darüber hinaus sind die Abbaubedingungen in zahlreichen Minen nach wie vor katastrophal. Große Probleme sind Kinderarbeit und kein ausreichender Arbeitsschutz.

Inzwischen gibt es bei einigen Firmen Bestrebungen, die negativen Auswirkungen von Smartphones auf die Umwelt und die schlechten Lebens- und Arbeitsbedingungen der Menschen in den Abbauregionen der Rohstoffe und der Produktion der Geräte zu verbessern. Führend dabei ist das niederländische Unternehmen „Fairphone“ (<https://www.fairphone.com/de/>). Die von „Fairphone“ produzierten Geräte verwenden ausschließlich Coltan aus sogenannten „krisensicheren Minen“ im Kongo. Vor Ort wird dabei nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung der Region, sondern auch der sichere Bergbau gefördert. Coltan wird außerdem zu höheren als den üblichen Preisen angekauft. Ebenso verfährt das Unternehmen mit den übrigen verwendeten Materialien, z. B. Gold und Zinn. Ein wichtiger Ansatz zur Minimierung der negativen Umweltauswirkungen der Smartphoneherstellung ist darüber hinaus der Versuch, die Geräte besonders langlebig zu bauen, sodass weniger neue Geräte angeschafft werden müssen. Die Geräte sind außerdem vollständig zerlegbar. Somit gibt es die Möglichkeit, defekte Teile auszutauschen, anstatt ein ganz neues Smartphone zu kaufen.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

In dieser Unterrichtseinheit arbeiten die Schüler des Kurses bzw. der Klasse in arbeitsteiliger Gruppenarbeit. Dabei erarbeitet sich jede Gruppe anhand der vorliegenden Materialien einen Teilaspekt des Themas. Die Schüler erarbeiten eine kurze Präsentation zu ihrem Teilaspekt und stellen ihr Thema so den anderen vor. Es gibt insgesamt fünf verschiedene Gruppen, sodass sich je nach Klassengröße unterschiedliche Gruppengrößen ergeben können. Bei Bedarf können einzelne Gruppen problemlos gedoppelt werden, um den Schülern das Arbeiten in kleineren Gruppen zu ermöglichen. Die Zuteilung zu den Themen sollte soweit möglich nach den Interessen der Schüler erfolgen.



Durchführung

Der Einstieg in den Unterricht beginnt mit einer Folie für die Bildung eines Rahmenkontextes (**M 1**). Die Unterrichtseinheit kann durch eigene Beiträge der Schüler ergänzt werden, z. B. zum Thema „Entsorgung und Recycling von Mobilgeräten“. Falls ein Selbstlernzentrum oder ein Computerarbeitsplatz vorhanden ist, können die Schüler im Internet zusätzliche Informationen zu den Themen recherchieren und dadurch ihre Präsentationen ergänzen.

Anhand des Arbeitsblatts **M 2** erarbeiten sich die Schüler einen kurzen Überblick über negative ökologische und soziale Auswirkungen von Smartphones.

Anschließend erarbeiten sich die Schüler mithilfe der Materialien **M 3** bis **M 7** in arbeitsteiliger Gruppenarbeit je einen Teilaspekt des Themas und bereiten kurze Präsentationen vor, um den Mitschülern ihren Aspekt dann vorstellen zu können. Zusätzliche Informationen zu ihren Themen können die Schüler dabei von zu Hause mitbringen (z. B. Artikel aus der Zeitung) oder in der Schule recherchieren, falls dafür ein Selbstlernzentrum oder ein Computerarbeitsplatz vorhanden ist. Die Präsentationen können durch das Erstellen von Plakaten ergänzt werden.

Die Schüler sollen mithilfe des Fragebogens **M 8** ihr eigenes Konsumverhalten in Bezug auf Smartphones kritisch hinterfragen und gemeinsam mit der Klasse nach Möglichkeiten suchen, die Situation zu verbessern. Hier ergeben sich zahlreiche Projektmöglichkeiten. So könnte z. B. ein Informationsblatt für die Schulgemeinschaft erstellt oder eine Sammlung von Altgeräten durchgeführt werden. Der Fragebogen kann auch in der gesamten Jahrgangsstufe ausgefüllt und ausgewertet werden.

Die Schüler nutzen anschließend ihr erworbenes Fachwissen, um in Form eines Leserbriefes auf eine Befragung in einer Schülerzeitung zum Thema „Smartphones“ (**M 9**) zu antworten. Diese Aufgabe kann auch als Lernerfolgskontrolle gestellt werden.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Das Thema bietet sich hervorragend für den fachübergreifenden Unterricht mit verschiedenen Fächern an. Die Funktionsweise von Kondensatoren kann im Fach Physik genauer besprochen werden.

In den Fächern Geografie und Politik können die Verteilung von Rohstoffen, ihr Abbau und auch die dadurch entstehenden Konflikte thematisiert werden.

Im Fach praktische Philosophie bzw. Ethik spielt das Thema „Verantwortung“ eine Rolle. Hier geht es um die Inkaufnahme unfairer Arbeitsbedingungen beim Kauf eines Smartphones und um die Mitschuld an den Menschenrechtsverletzungen in den rohstoffliefernden Ländern.

Internet

<https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article151650363/Nach-diesem-Handyrohstoff-buddeln-Kinder-metertief.html>

In dem Artikel finden Sie Informationen zu den Arbeitsbedingungen im Coltanabbau.

<http://www.steine-und-minerale.de/artikel.php?topic=5&ID=194>

Die Details zur Zusammensetzung verschiedener Coltanerze sind in diesem Artikel sehr verständlich erklärt.

www.welt.de/politik/ausland/article152347129/Mit-deutscher-Hilfe-weg-vom-Blut-handy.html

Negative Auswirkungen des Coltanabbaus für die Bevölkerung sowie für die Umwelt im Kongo werden in diesem Artikel kurz, aber anschaulich zusammengefasst. Ebenso können Sie hier auch einen kurzen Film zu diesem Thema finden.

www.verbraucherzentrale.nrw/rohstoffabbau-schadet-umwelt-und-menschen

Die Verbraucherzentrale NRW stellt auf ihrer Homepage die Auswirkungen des Rohstoffabbaus detailliert vor.

www.spiegel.de/netzwelt/mobil/rohstoff-abbau-handys-bedrohen-gorilla-bestand-a-549781.html

Der Spiegel-Online-Artikel thematisiert Zusammenhänge zwischen dem Zurückgang der Population der Flachlandgorillas und dem Wachstum der Coltanminen.

www.verbraucherzentrale.nrw/wohin-mit-dem-alten-handy-

www.handy-clever-entsorgen.de

Auf beiden Internetseiten geht es um die fachgerechte Entsorgung von Mobiltelefonen.

www.fairphone.com/de

Der Internetauftritt des Unternehmens „Fairphone“ hält umfangreiche Informationen zu den unterstützten Projekten sowie den Prinzipien des Unternehmens bereit. Die Seite ist sehr übersichtlich gestaltet und bietet sich auch für die eigene Recherche in den Gruppen an. Darüber hinaus gibt es dort kurze Videos und Unterrichtsmaterialien zu den verwendeten Rohstoffen.

<http://www.chemie.de/lexikon/Lithium-Ionen-Akkumulator.html>

Eine übersichtliche Erklärung zur Funktionsweise des Lithium-Ionen-Akkumulators bietet diese Website.

<https://www.vci.de/vci/downloads-vci/129596fci-informationsserie-chemie-und-energie-klein-111125-klein.pdf>

Der Fonds der Chemischen Industrie bietet einen Überblick über verschiedene Energiequellen und ihre Anwendungen im PDF-Format.

I/G



Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit Fo = Folie

M 1 Fo Strom ohne Steckdose – aber zu welchem Preis?

M 2 Ab Smartphones

M 3 Ab Funktionsweise eines Lithium-Ionen-Akkus

M 4 Ab Bitte lächeln! – Kondensatoren in Smartphones

M 5 Ab Rohstoffe im Kongo

M 6 Ab Jedes Jahr ein neues Handy? – Was wird aus dem Müll?

M 7 Ab Gibt es faire Alternativen?

M 8 Ab Wie fair denkt unsere Klasse?

M 9 Ab Lernerfolgskontrolle

Die Erläuterungen und Lösungen finden Sie ab Seite 23.

I/G

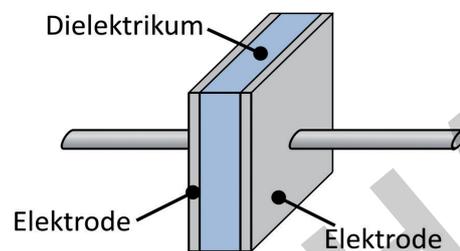
M 4 Bitte lächeln! – Kondensatoren in Smartphones



Mal wieder nicht genug Sonne? Aber der Schnappschuss soll doch trotzdem gelingen. Dabei hilft der Kondensator, der dem Mobilgerät genug Energie liefert, um das Motiv mit einem Blitzlicht zu erhellen.

Kondensatoren

Kondensatoren sind elektrische Bauelemente, die in der Lage sind, elektrische Energie zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben. Es gibt Kondensatoren verschiedenster Bauweise und Schaltung. Das Prinzip lässt sich jedoch anhand eines einfachen Plattenkondensators darstellen. Der Kondensator besteht aus zwei Flächen, die elektrisch leitfähig sind. Getrennt sind diese beiden Elektroden durch eine isolierende Schicht, die „Dielektrikum“ genannt wird.



© Plattenkondensator/
Cepheiden/Wikimedia
Commons/CC BY-SA 3.0

Abb.: Schematische Darstellung eines Plattenkondensators

Entscheidend für die Kapazität des Kondensators sind hier die Größe der Platten, das Material des Dielektrikums sowie der Abstand der beiden Platten zueinander. Je größer die Oberfläche der Elektroden, desto höher die erreichbare Kapazität des Kondensators. Je geringer der Abstand, desto höher die Kapazität des Kondensators. Für die Kapazität C des Kondensators gilt daher:

$$C \sim \frac{A}{d}$$

Dabei steht A für die Elektrodenfläche und d für den Abstand der Elektroden zueinander. Daher sind eine möglichst große Elektrodenoberfläche sowie ein möglichst geringer Abstand zwischen den Elektroden entscheidend, um eine hohe Kapazität des Kondensators zu erzielen.

In Smartphones werden sogenannte „Tantal-Elektrolytkondensatoren“ verwendet. Abgekürzt werden diese auch als Tantal-Elko bezeichnet. In dieser Bauweise eines Kondensators besteht die Anode (also der Pluspol) aus Tantal. Das Tantal wird für diesen Zweck gesintert. Das Sintern ist ein komplexer Prozess, bei dem aus dem vorliegenden feinkörnigen Tantalpulver eine schwammähnliche Struktur erzielt wird. Diese hat eine besonders große Oberfläche. Ein gesintertes Tantalblock hat so eine um ein Vielfaches größere Oberfläche als ein glatter Block mit den gleichen Abmessungen. Anstelle eines separaten Dielektrikums wird der Anodenblock nun oxidiert. Es bildet sich dabei eine sehr dünne Tantaloxidschicht auf der Elektrode, die als Dielektrikum funktionieren kann.

Um die gesamte große Oberfläche des gesinterten Tantals auszunutzen, ist der Minuspol ein Elektrolyt. Um zu gewährleisten, dass dieser Kontakt mit der gesamten Oberfläche hat, wird er in Form einer flüssigen Vorstufe dazugegeben und erst dann in den eigentlichen festen Elektrolyten umgewandelt. Häufig ist der feste Elektrolyt Mangan-dioxid MnO_2 , welches aus der flüssigen Vorstufe Mangan(II)-nitrat $Mn(NO_3)_2$ durch Erhitzen auf über 250 °C hergestellt wird.

I/G

Anschließend muss der Tantal-Elektrolytkondensator noch mit einem Anschluss versehen und umhüllt werden, sodass er verwendet werden kann.

35 Bei der Funktion eines komplexen elektronischen Geräts erfüllen Kondensatoren verschiedene Faktoren. Sie liefern beispielsweise die extrem hohen Energien, die kurzfristig benötigt werden, um ein Blitzlicht für ein gelungenes Foto zu erzeugen.

Aufgaben

1. **Lest** das vorliegende Material gemeinsam durch und **formuliert** mit eigenen Worten eine Definition für den Begriff „Kondensator“.
2. **Erläutert** die hohe Kapazität eines Tantal-Elektrolytkondensators anhand seiner Bauweise.
3. **Plant** einen kurzen Vortrag, um euren Mitschülerinnen und Mitschülern euer Thema zu präsentieren. **Erstellt** dazu auch ein übersichtliches Tafelbild oder ein Handout.

I/G

VORSCHAU



M 7 Gibt es faire Alternativen?



Die Herstellung vieler moderner Smartphones erfolgt unter schlechten Produktionsbedingungen und auch die benötigten Rohstoffe werden unter schlechten Bedingungen gefördert. Viele Menschen wollen dennoch nicht auf den Besitz eines Smartphones verzichten. Gibt es faire Alternativen?

Das fair gehandelte Smartphone

Smartphones unter fairen Bedingungen zu produzieren, die benötigten Rohstoffe entsprechend zu handeln und ausschließlich aus sogenannten „konfliktfreien Minen“ zu beziehen – diese Aufgabe hat sich z. B. ein niederländisches Unternehmen (Fairphone) zum Ziel gemacht und hat auf diesem Wege bislang zwei Smartphones entwickelt.

Das Unternehmen hat vier übergeordnete Ziele formuliert, die für die entwickelten Produkte entscheidend sind. Diese Ziele lauten:

1. Robustes Design
2. Fair gehandelte Materialien
3. Gute Arbeitsbedingungen
4. Wiederverwendbarkeit und Recycling



• *Robustes Design*

Um die Lebensdauer der fair gehandelten Smartphones zu verlängern (üblich sind bei Smartphones im Schnitt nur 18 Monate), werden diese in sogenannter „modularer Bauweise“ hergestellt. Modulare Bauweise bedeutet, dass das Smartphone vollständig auseinanderzubauen ist. So können einzelne Teile, die defekt oder veraltet sind, gegen neue ausgetauscht werden, ohne dass man ein vollständig neues Gerät anschaffen muss. Ausgetauscht werden können z. B. der Bildschirm, der Akku, die Kamera oder der Lautsprecher. Der Austausch ist einfach und kann vom Kunden selbst vorgenommen werden, wenn dies gewünscht ist.

• *Fair gehandelte Materialien*

Das Unternehmen verpflichtet sich, darauf zu achten, einen möglichst hohen Anteil an recycelten und erneuerbaren Ressourcen für die Produktion des fair gehandelten Smartphones einzusetzen. Die verwendeten wertvollen Rohstoffe wie beispielsweise Coltan, das für die Produktion der Tantal-Elektrolytkondensatoren gebraucht wird, die in den Geräten verbaut sind, wird fair gehandelt. D. h., dass es zu höheren als den marktüblichen Preisen erworben wird. Insbesondere in der Demokratischen Republik Kongo geht es für das Unternehmen darum, den wertvollen Rohstoff ausschließlich aus Minen zu beziehen, die „konfliktfrei“ sind. „Konfliktfrei“ bedeutet in diesem Kontext, dass das dort erwirtschaftete Geld nicht in die Anschaffung von Waffen für die im Bürgerkrieg kämpfenden Gruppen fließt. Stattdessen werden die Einnahmen dieser kontrollierten Minen dafür verwendet, die Situation der Bevölkerung vor Ort zu verbessern. Dies geschieht u. a. durch eine Investition in die Infrastruktur (also z. B. in den Bau von Schulen, die Förderung der Landwirtschaft) und die Auszahlung von Löhnen an die Arbeiter, die den Familien ein gutes Auskommen garantieren. Darüber hinaus ist der Punkt des Arbeitsschutzes wichtig. In den kontrollierten Minen gibt es keine Arbeit von Kindern oder schwangeren Frauen, die Mitarbeiter tragen Schutzkleidung und die Minen sind gegen Erdbeben abgesichert. Die Belastung der Umwelt durch Stäube und dreckiges Wasser wird so gering wie möglich gehalten.

I/G

Fragebogen

Zutreffendes bitte ankreuzen.								
→ Du kannst die Fragen, die nicht auf dich zutreffen, überspringen!								
Hast du ein eigenes Smartphone?	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein				
Wie oft nutzt du ein Smartphone:	<input type="checkbox"/>	mehrmals täglich	<input type="checkbox"/>	täglich	<input type="checkbox"/>	selten	<input type="checkbox"/>	nie
Achtest du beim Laden darauf, ...								
– das Gerät nicht über Nacht zu laden?	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein				
– das Gerät akkuschonend zu laden (also den Akku nicht komplett zu entleeren, aber auch nicht bis auf 100 % zu laden)?	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein				
– Achtest du darauf dein Gerät so zu behandeln, dass es möglichst lange hält?	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein				
Wie lange verwendest du/verwenden deine Familienmitglieder Geräte im Schnitt:	<input type="checkbox"/>	maximal zwei Jahre	<input type="checkbox"/>	so lange wie möglich				
Hast du ein Gerät mit austauschbarem Akku:	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein				
Ist dir die Situation der Menschen in den rohstoffliefernden Ländern (z. B. im Kongo) wichtig?	<input type="checkbox"/>	ja sehr	<input type="checkbox"/>	etwas	<input type="checkbox"/>	interessiert mich nicht		
Wärst du bereit, für eine Verbesserung der Situation der Menschen, die in den Coltanminen im Kongo arbeiten (z. B. Arbeitsschutz, Abschaffung von Kinderarbeit), ein etwas teureres Gerät zu kaufen?	<input type="checkbox"/>	ja, auf jeden Fall	<input type="checkbox"/>	wenn ich es mir leisten kann	<input type="checkbox"/>	nein		
Könntest du dir vorstellen, ein Gerät zu verwenden, das sich reparieren und erweitern lässt, anstatt in regelmäßigen Abständen ein neues zu erwerben?								
<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nur wenn es ebenso gut wie ein anderes Gerät ist	<input type="checkbox"/>	nein, ich möchte immer neue Geräte nutzen			
Recyclst du/deine Familie alte Geräte umweltschonend?								
<input type="checkbox"/>	Ja. Wir geben die Geräte an gemeinnützige Organisationen weiter.							
<input type="checkbox"/>	Ja. Wir geben die Geräte beim kommunalen Wertstoffhof ab.							
<input type="checkbox"/>	Nein. Unsere aussortierten Geräte sind immer noch in sehr gutem Zustand, sodass wir sie weitergeben bzw. weiterverkaufen.							
<input type="checkbox"/>	Nein. Die Geräte behalten wir, d. h., sie werden sogenannte „Schubladenhandys“.							

I/G