

Aufgabensammlung zum Thema Bevölkerungswachstum (Exponentialfunktionen)

Erstellt von Natascha Bauer im Rahmen einer Forschungsarbeit des Minor
Nachhaltige Entwicklung der Universität Bern – 2021

Begleitblatt für Lehrpersonen

Die vorliegende Aufgabensammlung dient der Integration von BNE in den Mathematikunterricht auf gymnasialem Niveau. Damit soll aufgezeigt werden, dass eine Integration von BNE in jedem Fach möglich ist. Den Schüler:innen soll die Anwendung der mathematischen Konzepte im Rahmen von Themen der Nachhaltigkeit näher gebracht werden und sie zum selbständigen Denken und Handeln anregen.

Zeitbedarf: 4-6 Lektionen für die gesamte Aufgabensammlung. Der Zeitbedarf ist abhängig davon, inwieweit die Thematik der Exponentialfunktionen schon bearbeitet wurde und in welchem Umfang die Diskussionen zu den jeweiligen Aufgaben stattfinden.

Die Aufgaben lassen sich auch einzeln bzw. in kleinen Sets bearbeiten. Die Vorbereitung der Aufgaben kann auch als Lernauftrag gegeben werden, so dass nur die Lösungen und Diskussionen im Unterricht stattfinden.

Das Verständnis von BNE dient als Grundlage für die Aufgaben. Die Aufgaben sollen einen ganzheitlichen Lernprozess widerspiegeln und die Schüler:innen zum vernetzten Denken und eigenverantwortlichen Lernen und Handeln anregen. Dabei soll den Schüler:innen die von der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) definierten drei Schlüsselkompetenzen vermittelt werden: (1) Selbständig handeln (Personale Kompetenzen), (2) Interaktive Anwendung von Medien und Tools (Fachliche und methodische Kompetenzen), (3) Interagieren in heterogenen Gruppen (Soziale Kompetenzen). Der Erwerb dieser Kompetenzen soll die Schüler:innen dazu befähigen, die Gegenwart und Zukunft kreativ und kritisch im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung mitzugestalten. Der Fokus der Mathematikkenntnisse dieses Aufgabensets liegt auf den folgenden drei Fertigkeiten aus dem Lehrplan 17:

„Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden die wichtigsten mathematischen Grundbegriffe, Ergebnisse und Arbeitsmethoden;
- stellen mathematische Sachverhalte korrekt dar;
- setzen mathematische Modelle ein;“

Die Aufgaben orientieren sich an den 5 Dimensionen eine Nachhaltigen Entwicklung

- (1) Gesellschaft (Individuum und Gemeinschaft): Eigener ökologischer Fussabdruck im Vergleich zum Fussabdruck der gesamten Schweizer Bevölkerung. (Aufgaben 1 & 5)
- (2) Umwelt (natürliche Ressourcen): «Overshoot-Day» zeigt auf, dass die Ressourcen begrenzt sind und sie durch unser Handeln und Verhalten zu schnell aufgebraucht werden und eine ungerechte Verteilung der Ressourcen besteht. (Aufgaben 4, 5 & 6)
- (3) Wirtschaft (tragfähige Prozesse): Demographischer Wandel und die Auswirkung der Alterung der Bevölkerung. (Aufgabe 7)
- (4) Raum (lokal und global): Bevölkerungswachstum der Schweiz im Vergleich zu Uganda. Ressourcen, die die Schweizer Bevölkerung verbraucht. (Aufgaben 2, 3 & 6)
- (5) Zeit (gestern, heute und morgen): Berechnung der Bevölkerungszahlen und des ökologischen Fussabdrucks früher, heute und in der Zukunft. Interpretation der Prognosen des demographischen Wandels. (Aufgaben 3, 4, 5 & 7)

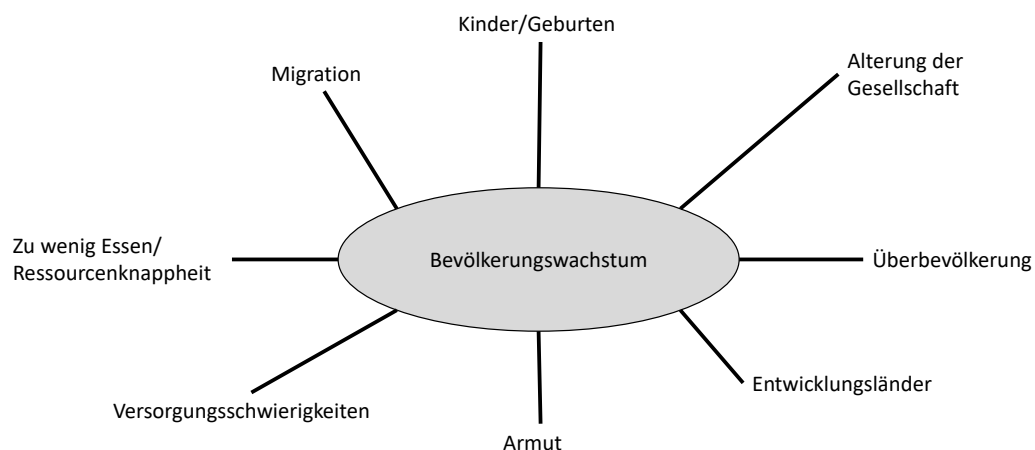
Die ersten vier Aufgaben dienen vor allem dazu, sich mit der mathematischen Thematik, der Exponentialfunktionen vertraut zu machen. Die Schüler sollen die Funktionsweise von Exponentialfunktionen verstehen, um diese dann auf abstraktere Weise bzw. auf Modelle und Grafiken anzuwenden. Es wird versucht, von Anfang an einen weiter gefassten Rahmen herzustellen, so dass der Bezug zur Nachhaltigkeit von Anfang an gegeben ist.

Der Vortrag beinhaltet alle fünf Dimensionen und soll die Schüler:innen dazu anregen, dass im Unterricht gelernte Wissen selber anzuwenden und weiterzuentwickeln. Sie sollen sich mit den Herausforderungen der Zukunft und anderer Länder beschäftigen und dabei eigenständig Lösungsansätze entwickeln. Ziel dabei ist es auch, zu zeigen, dass mathematische Modelle in vielen Bereichen angewendet werden und ein grundlegendes mathematisches Verständnis für die Interpretation solcher Modelle wichtig ist.

Didaktischer Kommentar

Einstieg (15-20 Minuten)

Zum Einstieg der Aufgaben kann ein kurzes Video zum Bevölkerungswachstum gezeigt werden: «Überbevölkerung – Die Bevölkerungsexplosion erklärt» (www.youtube.com/watch?v=1Q76na-m8s0). Das Video soll das Interesse der Schüler:innen wecken und sie schon von Anfang an aufmerksam machen auf die Verbindung von Bevölkerungswachstum mit Nachhaltigkeitsproblemen wie dem Klimawandel oder der Überbevölkerung und der Ressourcenknappheit. Es wäre auch möglich, vor dem Video eine kurze Diskussion mit der Klasse zum Thema Bevölkerungswachstum zu führen. Dazu kann „Bevölkerungswachstum“ in die Mitte der Tafel/des Whiteboards etc. geschrieben werden und die Schüler:innen können Wörter nennen, die ihnen dazu einfallen (siehe Beispiel unten). Dadurch bekommt man einen Einblick, ob die Schülerinnen und Schüler bereits über die Thematik Bescheid wissen und sie etwas mehr ins Detail gehen können, oder ob sie noch ausführlichere Erklärungen geben sollten, damit die Thematik verstanden wird. Das MindMap hilft auch, die Schüler:innen zum eigenen Denken anzuregen und ihre eigenen Ideen einzubringen. Damit wird sowohl die Kompetenz des kritisch-konstruktiven Denkens als auch die Systemdenkende Kompetenz und damit das vernetzte Denken der Schülerinnen und Schüler gefordert.



Aufgabe 1 – Wachstumsrate Schweiz (5-10 Minuten)

In der ersten Aufgabe geht es darum, dass die Schüler:innen den Unterschied zwischen exponentiellem und kontinuierlichem Wachstum kennen. Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, wenn die Veränderung der Bevölkerungsanzahl proportional zu der Bevölkerungsanzahl ist, dann wächst die Grösse exponentiell. Hier besteht auch die Möglichkeit, die Schüler:innen nach weiteren Beispielen zu fragen, die nach dem gleichen Schema funktionieren, zum Beispiel beim Geld auf der Bank. So kann verdeutlicht werden, dass das mathematische Modell der Wachstumsfunktion in der Realität bzw. im Alltag in vielen Bereichen vorkommt. Die Teilaufgaben (a) und (b) dienen dann zum Verständnis der Begriffe und der rechnerischen Anwendung der Exponentialfunktion. Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler erklären können, was der Wachstumsfaktor ist und wie man ihn berechnet und wie man die Exponentialfunktion anwendet, um einfache Zukunftsszenarien auszurechnen (Schweizer Bevölkerungszahl 2030 und 2050). Die Auseinandersetzung mit Zukunftsszenarien soll das vorausschauende Denken fördern und damit die antizipatorische Kompetenz. Diese Aufgabe dient vor allem dazu, die Schüler:innen mit der mathematischen Thematik vertraut zu machen. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Funktionsweise von Exponentialfunktionen verstehen, um diese dann in einem nächsten Schritt auf Nachhaltigkeitsrelevante Thematiken, wie die Überbevölkerung, anzuwenden.

Aufgabe 2 – Wachstumsrate Uganda (5 Minuten)

In der zweiten Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler wieder die Exponentialfunktion (Bevölkerungswachstum Uganda) anwenden, diesmal aber eigenständig umstellen, um das richtige Ergebnis zu erhalten.

Beim Vergleich der Wachstumsrate der Schweiz mit der in Uganda sollen die Schüler:innen den Unterschied zwischen verschiedenen grossen Wachstumsraten erkennen. Hier liesse sich auch wieder eine Klassen- oder Partnerdiskussion einbringen, warum sich die Wachstumsraten so unterscheiden, oder was die Folgen der unterschiedlichen Wachstumsraten sind und wie sich diese unterscheiden. Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu angeregt werden, von der mathematischen Berechnung weiterzudenken und das Resultat zu deuten und anzuwenden. Diese Aufgabe soll das vernetzte Denken fördern. Durch die Diskussion wird zusätzlich noch die zwischenmenschliche Kompetenz und bei der Folgeninterpretation der Wachstumsrate, die antizipatorische Kompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert.

Aufgabe 3 – Bevölkerungsanzahl früher vs. heute(10-15 Minuten)

In einem ersten Schritt geht es in der Aufgabe (a) wieder darum, die Anwendung der Exponentialfunktion zu üben. Dabei soll auch die Vielseitigkeit der Anwendung aufgezeigt werden, indem rückwärts berechnet wird und in einem zweiten Schritt (b) auf den Tag genau. Die Berechnungen sollen den Schülerinnen und Schülern aufzeigen, wie schnell sich die Bevölkerungsanzahl bei einer hohen Wachstumsrate ändern kann. 1973 lebten ungefähr gleich viele Menschen in der Schweiz und in Uganda. Nur 27 Jahre später (2000) lebten schon mehr als doppelte so viele Menschen in Uganda im Vergleich zu der Schweiz. Dies soll den Schüler:innen das Ausmass von Bevölkerungswachstum aufzeigen und wie variabel die Bevölkerungsanzahl ist. Mit der Aufgabe (b) soll auch ein Aktualitätsbezug hergestellt werden. Alternativ oder ergänzend könnte hier auch eine Aufgabe gestellt werden, bei der jede Schüler:in die Bevölkerungsanzahl an ihrem Geburtstag berechnet (entweder in der Schweizer Bevölkerung oder im Geburtsland, wozu sie die Daten erst herausfinden müssten) und danach eine Rangliste der unterschiedlichen Bevölkerungsanzahlen zu den jeweiligen Tagen erstellen. Dadurch wird ein Bezug zum persönlichen Leben der Schülerinnen und Schüler hergestellt. Diese Aufgabe soll wiederum das vernetzte Denken der Schüler:innen fördern, indem die Exponentialfunktion vielseitig und in verschiedenen Kontexten angewendet wird.

Aufgabe 4 – Ressourcenverbrauch (10 Minuten)

Die vierte Aufgabe soll das bereits Gelernte zum Bevölkerungswachstum (soziale Dimension der Nachhaltigkeit) nun mit einer weiteren Ebene der Nachhaltigkeit, der ökologischen Dimension im Rahmen des ökologischen Fussabdrucks verbunden werden.

Die Schüler:innen sollen lernen, die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit miteinander zu verbinden und so Zusammenhänge und Wechselwirkungen Dimensionen übergreifend verstehen können.

Aufgabe 5 – Overshoot Day (20-30 Minuten)

In Aufgabe 5 sollen alle Ansätze, die bis jetzt bearbeitet wurden, zusammengefügt werden. Ziel ist es, dass die Schüler:innen die verschiedenen Szenarien erklären und anhand mathematischer Berechnungen beweisen können. Wichtig ist dabei das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen dem Ressourcenangebot, der

Bevölkerungszahl und dem persönlichen/Gesamt-Ressourcenverbrauch (ökologischer Fussabdruck). Schüler:innen sollen verstehen, dass sich diese Grössen gegenseitig beeinflussen und nicht isoliert betrachtet werden sollten, sondern in dem jeweiligen Gesamtkontext.

Abschliessend kann noch ein kurzes Video («Ecological Footprint of Countries: Deficit or Reserve?»; <https://www.overshootday.org/kids-and-teachers-corner/lesson-what-day-is-earth-overshootday/>) gezeigt werden. Um interessierten Schüler:innen die Möglichkeit zu geben sich noch intensiver mit der Thematik zu beschäftigen kann auf die Webseite „overshootday.org“ und die Informationen dort hingewiesen werden (z.B. unter „Solutions“ oder „For Kids & Teachers -> What is the Ecological Footprint“).

Aufgabe 6 – Eigener ökologischer Fussabdruck (15 Minuten)

In dieser Aufgabe geht es darum, dass die Schülerinnen und Schüler eine Schätzung über ihren eigenen ökologischen Fussabdruck machen. Nachdem sie in Aufgabe 4 & 5 den durchschnittlichen Fussabdruck einer Person auf dieser Erde und in der Schweiz berechnet haben, sollen sie dies nun in Relation zu ihrem eigenen Verhalten setzen. Die anschliessende Nachrechnung mit dem Online-Rechner soll als Vergleich dienen. Der ökologische Fussabdruck kann auf der Webseite «footprintcalculator.org» berechnet werden. Danach kann man das Gesamtbild betrachten. Haben sich viele unterschätzt, überschätzt oder lagen die meisten genau richtig? Nun kann in der gesamten Klasse oder in kleinen Gruppen diskutiert werden, was persönliche Gründe für eine Fehlschätzung waren und in welchen Bereich man am meisten/wenigsten verbraucht.

Bei dieser Aufgabe werden vor allem die systemdenkende Kompetenz die strategische Kompetenz und die zwischenmenschliche Kompetenz gefördert. Die Schüler:innen sollen Verantwortung für ihr eigenes Handeln übernehmen und dieses einschätzen und reflektieren.

Aufgabe 7 – Bevölkerungspyramiden und der demographische Wandel (30-40 Minuten)

Die siebte Aufgabe versucht nun noch die dritte Dimension der Nachhaltigkeit, die ökonomischen Aspekte, miteinzubringen. Die Schüler:innen sollen eigenständig recherchieren und die Grafiken deuten. Zuerst arbeiten sie in einem 2er-Team zusammen und diskutieren, was sie bei ihren Recherchen herausgefunden haben.

Im nächsten Schritt findet eine Diskussion in der Klasse statt. Welche Probleme ergeben sich aus dem demographischen Wandel? Die Ideen der Schüler:innen können gesammelt werden, und eventuell auf einige intensiver eingegangen werden. Auch kann hier mit dem Fach „Wirtschaft und Recht“, Geografie oder eventuell Geschichte zusammengearbeitet werden. Die gesammelten Ideen der Schüler:innen könnten z.B. in den Wirtschaftsunterricht mitgenommen werden und dort im Zusammenhang mit den Themen der Wachstums- und Strukturpolitik, sowie der sozialen Sicherheit diskutiert werden. Bei dieser Aufgabe werden alle fünf Schlüsselkompetenzen von BNE gefördert. Vor allem sollen die Schüler:innen die Fähigkeiten erwerben, fächerübergreifend zu denken und ihnen soll bewusst werden, dass es immer mehrere Aspekte und Sichtweisen auf eine Problematik gibt. Dabei sollen sie eigenständig recherchieren und die gefundenen Daten kritisch reflektieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen weiter vorausschauend denken und erkennen, was mathematische Modelle und Grafiken alles aussagen können und welche Implikationen sich damit machen lassen.

Projekt/Vortrag (2-4 Stunden Vorbereitung; 10-15 Minuten Vortrag)

Im letzten Auftrag des Aufgabensets sollen alle zuvor erlernten Fähigkeiten und Kenntnisse nun angewandt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen in Gruppen kooperativ zusammenarbeiten, eigene Recherchen und Berechnungen anstellen, Grafiken selbst erstellen, sich in die Rolle anderer Akteur:innen versetzen und ein alternatives Zukunftsmodell eines Landes erstellen. So können abschliessend sowohl alle mathematischen Kompetenzen (in Zusammenhang mit der Exponentialfunktion) als auch alle BNE-Kompetenzen abgedeckt werden.

Bevölkerungswachstum – Aufgabenblatt

Aufgabe 1 – Wachstumsrate Schweiz

2020 betrug die Bevölkerung in der Schweiz 8,69 Millionen Menschen. Erkläre den Unterschied in den folgenden 2 Aussagen:

- 1) Die Schweizer Bevölkerung wächst jährlich um 0,7%.
 - 2) Die Schweizer Bevölkerung nimmt jedes Jahr um 61'000 Menschen zu.
- a) Gib den Wachstumsfaktor der Schweizer Bevölkerung an (benutze dafür die Angaben aus Aussage 1)
 - b) Berechne die Bevölkerungszahl in der Schweiz zu Beginn der Jahre 2030 & 2050

Aufgabe 2 – Wachstumsrate Uganda

2020 lebten 41,2 Millionen Menschen in Uganda, für 2050 ist eine Bevölkerungszahl von 128 Millionen prognostiziert.

Gib die Wachstumsrate an, mit der die Prognose berechnet wurde und vergleiche diese mit der Schweiz.

Aufgabe 3 – Bevölkerungsanzahl früher vs. heute

Aufgrund des exponentiellen Wachstums kann mit den oben angegebenen Daten das Bevölkerungswachstum auch zurückgerechnet werden. Berechnet man zum Beispiel das Bevölkerungswachstum im Jahr 2010 entspricht $t = -10$ (ausgehend von den Daten aus dem Jahr 2020).

- a) Berechne die Bevölkerungszahl der Jahre 2000 & 1973 sowohl für die Schweiz als auch für Uganda.

Vertiefung: Die Bevölkerungszahl kann theoretisch auf den Tag genau bestimmt werden. Zum Beispiel entspricht der 10.10.2021 dem Zeitpunkt $t = 1,767$ (1 Jahr + 280 Tage von insgesamt 365 Tagen im Jahr $\rightarrow 280/365 = 0,767$).

- b) Berechne wie viele Menschen heute in der Schweiz und in Uganda leben.

Aufgabe 4 - Ressourcenverbrauch

2000 lebten etwas 6,14 Milliarden Menschen auf der Erde und das Bevölkerungswachstum beträgt jährlich etwas 1,2%.

Wenn man von ca. 12 Milliarden Hektar bioproduktiver Fläche ausgeht, die als Ressource zur Verfügung steht und diese gleichmässig auf die Weltbevölkerung verteilt, wie viel Hektar hätte dann jede Person 2017 zugeteilt bekommen?

(Verschiedene Landtypen haben unterschiedliche Produktivität, deshalb entspricht ein globaler Hektar nicht immer einer gleich grossen Fläche. Beispielsweise braucht Weideland eine viel grössere physische Fläche, als das biologisch viel produktivere Ackerland, um 1gha zu produzieren. Im Durchschnitt kann man 1gha auf einer Fläche von einem Hektar produzieren: $1ha = 10'000m^2 = ca. 1,4$ Fussballfelder (Standardgrösse 68m x 105m)).

Vertiefung: *Wie viel bioproduktive Fläche gibt es in der Schweiz? Überlege welche Landtypen es in der Schweiz gibt und ob diese viel Ressourcen abgeben. Recherchiere dazu im Internet und vergleiche die bioproduktive Fläche in der Schweiz mit anderen Ländern.*

Aufgabe 5 – Overshoot Day

Der „Overshoot Day“ eines Landes ist der Tag, an dem die Ressourcen der Erde aufgebraucht wären, wenn alle Menschen so konsumieren/leben würden wie die Menschen in diesem Land. Ein Land hat nur einen „Overshoot Day“, wenn der ökologische Fussabdruck pro Person grösser als die globale Baukapazität (= Ressourcenangebot) pro Person ist. In der Schweiz betrug der ökologische Fussabdruck 2017 4,47 gha und 1973 6.44 gha, trotzdem hätte es 1973 weniger Erden gebraucht, wenn alle so leben würden wie die Schweizer Bevölkerung, im Gegensatz zu 2017.

Berechne die Anzahl der gebrauchten Erden für 2017 und 1973, wenn alle so leben würde wie die Schweizer Bevölkerung und berechne den Gesamtfussabdruck der Schweiz für 2017 und 1973 (Tipp: benutze die Ergebnisse aus Aufgabe 3 & 4).

Vertiefung: Der «Earth Overshoot Day» war 2021 am 29. Juli. Wenn am 29. Juli alle Ressourcen aufgebraucht waren, wie funktioniert dann das Leben weiter? Überlege was dies für das Ressourcenangebot in der Zukunft bedeutet.

Aufgabe 6 – Eigener ökologischer Fussabdruck

Schätze deinen eigenen ökologischen Fussabdruck.

Berechne deinen ökologischen Fussabdruck auf «footprintcalculator.org» und vergleiche das Ergebnis mit deiner Schätzung.

Vertiefung: Gehe auf overshootday.org -> «Solutions». Such dir einen Lösungsansatz aus und recherchiere die Informationen dazu auf der Seite. Was wäre ein Lösungsansatz, der in der Schweiz umgesetzt werden könnte? Wie könntest du persönlich zu einem Lösungsansatz beitragen?

Aufgabe 7 – Bevölkerungspyramiden und der demographische Wandel

Zusammenarbeit in 2er-Teams. Wählt jeweils ein Land: Schweiz oder Uganda. Schaut die Bevölkerungspyramide für „euer Land“ (Schweiz oder Uganda) auf www.population-pyramid.net an. Beschreibt die Pyramide zum jetzigen Zeitpunkt und vergleicht diese mit 1950 und der Prognose für 2100. Welche Faktoren fließen in die Grafik mit ein? Vergleicht eure Ergebnisse mit eurem Partner. Wo sind Unterschiede zwischen der Schweiz und Uganda und wie lassen sich diese erklären?

Bevölkerungspyramiden und die Prognosen des demographischen Wandels, die damit erstellt werden, bilden die Grundlage der modernen Staatsführung. Anhand der Recherchen sollte ersichtlich geworden sein, dass die Alterung der Bevölkerung stark zunimmt.

Diskutiert im Plenum welche Veränderungen und Probleme mit der Alterung der Bevölkerung einhergehen.

Projekt/Vortrag

Bereitet über euer Land einen Vortrag, z.B. mit PowerPoint vor. Der Vortrag soll das Bevölkerungswachstum, den ökologischen Fussabdruck und den demographischen Wandel des Landes aufzeigen. Beschreibt die Herausforderungen, die auf das Land aufgrund der Prognosen zukommen. Überlegt euch Ansätze, wie man diesen Herausforderungen entgegenwirken kann. Erstellt ein alternatives Modell mit eigenen Berechnungen (zum Beispiel in einem Entwicklungsland: „Lösungsansatz“ Aufklärung und Verteilung von Verhütungsmitteln -> Wachstumsrate sinkt auf 2% -> neue Prognose mit dieser Zahl).

Bevölkerungswachstum – Lösungsblatt

Aufgabe 1

Exponentielles vs. Kontinuierliches Wachstum

a) Wachstumsfaktor = 1,007.

Lösungsweg: $100\% + 0,7\% = 100,7\%$

b) 2030: 9'317'824 Menschen.

2050: 10'712'822 Menschen.

Lösungsweg: $B(t) = 8'690'000 \cdot 1,007^t$

2030: $t = 10$

2050: $t = 30$

Aufgabe 2

Wachstumsrate Uganda = 3,9%

Lösungsweg: $128'000'000 = 41'200'000 \cdot a^t$ ($t = 30$ Jahre)

$$a = \sqrt[30]{\frac{128}{41,2}} = 1,039 \rightarrow 103,9\%$$

Aufgabe 3

a)

	2000	1973
Schweiz	7,56 Millionen	6,26 Millionen
Uganda	19,17 Millionen	6,28 Millionen

Lösungsweg: Schweiz (2000) $B(-20) = 8,69 \cdot 1,007^{-20}$

Uganda (2000) $B(-20) = 41,2 \cdot 1,039^{-20}$

Schweiz (1973) $B(-47) = 8,69 \cdot 1,007^{-47}$

Uganda (1973) $B(-47) = 41,2 \cdot 1,039^{-47}$

b) Keine allgemeine Lösung. Beispiel: 10.10.2021

	10.10.2021
Schweiz	8,8 Millionen
Uganda	44,08 Millionen

Lösungsweg: $t = 1 \text{ Jahr} + 280 \text{ Tage}$ von insgesamt 365 Tagen im Jahr

$$280/365 = 0,767 \rightarrow t = 1,767$$

$$\text{Schweiz (10.10.2021)} B(1,767) = 8,69 \cdot 1,007^{1,767}$$

$$\text{Uganda (10.10.2021)} B(1,767) = 41,2 \cdot 1,039^{1,767}$$

Aufgabe 4

2017: 1,60 gha pro Person.

Lösungsweg: $6,14 \cdot 1,012^{17} = 7,52 \rightarrow$ 2017 lebten 7,52 Milliarden Menschen auf der Erde.

$12 : 7,52 = 1,60 \text{ gha}$ (global hectares) \rightarrow Bei einer gerechten Verteilung hätte 2017 jede Person 1,60 gha zugeteilt bekommen.

Aufgabe 5

	2017	1973
Anzahl Erden	2,79	2,39
Gesamtfussabdruck (gha)	38,04 Millionen	40,31 Millionen

Erklärung: Obwohl der Gesamtfussabdruck der Schweiz 1973 grösser war als 2017, brauchte es weniger Erden, da aufgrund der kleineren Weltbevölkerung mehr Ressourcen pro Person zur Verfügung standen.

Lösungsweg: 2017: $4,47 : 1,60 = 2,79$ Erden

1973: Anzahl Menschen auf der Erde zurückgerechnet von 2000

$$B(-27) = 6,14 \cdot 1,012^{-27} \rightarrow 4,45 \text{ Milliarden Menschen}$$

Ressourcenangebot, welches 1973 pro Mensch zur Verfügung

stand: $12 : 4,45 = 2,70 \text{ gha}$ pro Mensch zur Verfügung

Anzahl Erden, wenn alle so wie die Schweizer Bevölkerung leben

$$\text{würden: } 6,44 : 2,70 = 2,39 \text{ Erden}$$

Gesamtfussabdruck 2017: Anzahl Menschen die 2017 auf der

$$\text{Erde lebten, zurückgerechnet von 2020 } B(-3) = 8,69 \cdot 1,007^{-3}$$

$\rightarrow 8,51 \text{ Millionen Menschen}$

$$\rightarrow \text{Gesamtfussabdruck: } 8,51 \cdot 4,47 = 38,04 \text{ Millionen gha}$$

Gesamtfussabdruck 1973: Aus Aufgabe 4: 6,26 Millionen

Menschen in der Schweiz

$$\rightarrow \text{Gesamtfussabdruck: } 6,26 \cdot 6,44 = 40,31 \text{ Millionen gha}$$

Aufgabe 6

Keine allgemeine Lösung.

Aufgabe 7

Keine allgemeine Lösung.

Projekt/Vortrag

Keine allgemeine Lösung.