

Katja KRÜGER, Frankfurt a. M.

Modellbildungen kritisch einschätzen – Wie lange reichen die Erdgasreserven?

Dank PISA und den KMK-Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss findet mathematisches Modellieren zunehmend Beachtung in allen Phasen der Lehrerbildung. Aktuelle Buchveröffentlichungen und Unterrichtsvorschläge zeigen es deutlich. Dabei wird der Modellkritik und dem Vermitteln einer kritischen Einstellung zum Modellbilden bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Warum (und wie) Schüler Grenzen von Mathematisierungen erkennen lernen sollen (und können), werde ich exemplarisch am Thema Erdgasreserven darlegen.

1. Manipulation durch Modellbildung

Seit der „Anwendungswelle“ der 1980er Jahre gibt es in der Mathematikdidaktik eine Reihe von Vorschlägen (z.B. Blum, Schupp, Fischer und Malle), wie der Prozesscharakter des Modellbildens in Form eines gegebenenfalls mehrfach zu durchlaufenden Modellbildungskreislaufs veranschaulicht werden kann. Aufgrund der detaillierten Darstellung des Prozessschrittes von der realen Situation zu einem (oder mehreren) mathematischen Modell(en) möchte ich hier an die Visualisierung des Modellbildungskreislaufs von Fischer und Malle sowie an zwei damit verbundene Ziele anwendungsorientierten Mathematikunterrichts erinnern:

*„Der Schüler soll die **Sicherheit und Genauigkeit**, mit denen durch mathematische Modelle Aussagen über die Realität gewonnen werden können, beurteilen können“ S. 113 .*

Das kann nur gelingen, wenn man die Datenbeschaffung ernst nimmt und

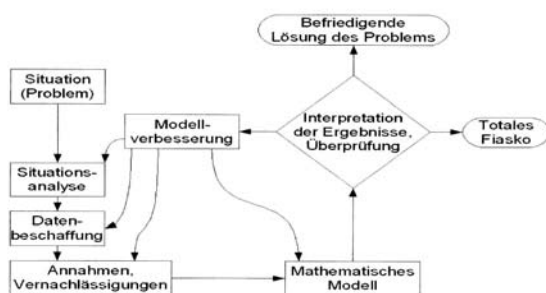


Abb. 1 aus Fischer / Malle 1985, S. 101

sich Klarheit darüber verschafft, wie genau und zuverlässig die Daten sind, die im mathematischen Modell verarbeitet werden. Die mit Hilfe des Modells gewonnenen Aussagen über die Realität werden außerdem wesentlich von den zu treffenden Annahmen und Vernachlässigungen beeinflusst.

*„Der Schüler soll **Grenzen und Gefahren des Mathematisierens** erkennen und eine kritische Einschätzung zur Modellbildung erlangen“, S. 114.*

Warum ist das eigentlich so wichtig? Fischer und Malle wiesen auf die Gefahr der Manipulation durch Modellbildungen hin, der viele Menschen auch heute noch hilflos gegenüber stehen:

„In den Massenmedien werden beinahe täglich Aussagen gemacht, die aufgrund irgendwelcher mathematischer Modelle erhalten wurden, etwa Aussagen über Bevölkerungswachstum, Rohstoffressourcen, Steuerprogression, Lohnerhöhung, Preisindex, Wahlauswertung usw. Man muß leider konstatieren, dass mit solchen Aussagen häufig manipuliert wird“, S.111.

Daher sollte man sich beim Modellbilden auch über Zwecke und Interessen informieren. Wie durch Nutzungsabsichten Auswahl und Aufbau eines mathematischen Modells beeinflusst werden können, soll an einem aktuellen Beispiel zum Thema Erdgasreserven gezeigt werden. Energiekonzerne, Wirtschaftsverbände, politische Organisationen und Parteien möchten wissen, wie lange die weltweiten Erdgasreserven reichen werden, und dabei spielen ganz unterschiedliche Interessen mit, gehe es um die Förderung fossiler Energiequellen, um erneuerbare Energien, um Verteilungsfragen...

2. Erdgasreserven – Datenbeschaffung ernst nehmen

Wie lassen sich die Erdgasreserven und deren Entwicklung mathematisch modellieren? Internetrecherchen bringen vielfältige Informationen zu den Stichworten „Erdgasreserven“ und „Reichweite von Erdgas“. Die beiden folgenden Quellen sind schnell gefunden und liefern vergleichbare aktuelle Daten: Der (jährlich erscheinende) „Statistical Review of World Energy“ von BP (2008) und eine neuere, vom Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe herausgegebene Energiestudie (BGR 2007). Der BP-Review betont in farbigen Graphiken die steigende Entwicklung der so genannten „nachgewiesenen Reserven“ in den letzten 20 Jahren (vgl. Tab. 1).

„Dazu zählen i. A. Mengen, die nach geologischen und ingenieurtechnischen Informationen aller Wahrscheinlichkeit nach aus den heute bekannten Vorkommen und unter den derzeitigen wirtschaftlichen und technischen Bedingungen künftig gefördert werden können“ (BP 2008, S. 22).

Jahr	Erdgasreserven
1987	106,66 T m ³
1997	146,46 T m ³
2007	177,36 T m ³

Tabelle 1

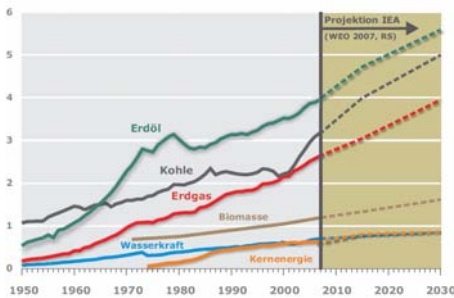
„Aller Wahrscheinlichkeit nach“, das ist vage. Werden solche Wahrscheinlichkeiten tatsächlich bestimmt? Und wie könnte das gehen? Merkwürdig ist – und bei BP nur im Kleingedruckten nachzulesen – , dass dieser Anstieg der Erdgasreserven seit 2004 zu stagnieren scheint. Im Internet finden sich auch kritische Einschätzungen. So weist z.B. die Bundeszentrale für politische Bildung im Kontext „Globalisierung“ unter der Überschrift „Verteilung der nachgewiesenen Reserven“ darauf hin,

„dass die Zahlen der Energiekonzerne, aus denen die Endlichkeit der Erdgas-Reserven bereits klar hervorgeht, als zu optimistisch angesehen werden können. Hierfür sei in erster Linie das Problem verantwortlich, dass sich die Höhe der Reserven positiv auf die Bilanzen und damit den Börsenwert der Unternehmen auswirkt und die Versuchung groß sei, im Zweifelsfall von höheren Reservebeständen auszugehen.“ (www.bpb.de/wissen/)

Die Daten über die weltweiten Erdgasreserven sind also unsicher und ungenau. Dennoch ist nach heutiger Kenntnis das weltweite Gesamtpotenzial an Erdgas beschränkt, weil wir konventionelles Erdgas nur aus einem Millionen Jahre andauernden komplexen biochemischen Prozess gewinnen können.

3. Statische Reichweite – Grenzen des linearen Standardmodells

Die so genannte „statische Reichweite“ ist der Quotient aus den derzeit bekannten „nachgewiesenen“ Erdgasreserven und der gegenwärtigen Förderung, die den weltweiten Verbrauch erfasst (vgl. LBEG 2008, S. 2). Dieser häufig verwendete Zahlenwert gibt an, wann die Erdgasreserven bei weltweit konstantem Verbrauch aufgebraucht sein werden. Das zugrunde liegende Modell der zeitlichen Entwicklung der Erdgasreserven $r(t) = r_0 - v \cdot t$ ist ein lineares Modell, das auf stark vereinfachenden Annahmen aufbaut: alle Erdgasreserven r_0 seien bereits „nachgewiesen“ und der jährliche Verbrauch v sei konstant. Für Prognosen taugt dieses Modell offensichtlich nicht, da diese Annahmen über längere Zeiträume nicht realistisch sind.



Hier stellt sich die Frage, warum der weltweite Erdgasverbrauch, der seit über 50 Jahren jährlich nahezu gleichmäßig ansteigt, nicht in einer dynamischen Modellierung der Entwicklung der Erdgasreserven integriert wird?

Abb. 2 aus BGR 2007, S. 8

Aus dem BP-Review 2008 lässt sich entnehmen, dass der Erdgasverbrauch von 1982 bis 2007 um rund 1,5 Billionen auf 3 Billionen m^3 angestiegen ist, und sich somit in 25 Jahren nahezu verdoppelt hat. Mit diesen Informationen könnte der jährlich nahezu gleichmäßig steigende Verbrauch $v(t)$ ab 2009 mit einer linearen Funktion modelliert werden:

$$v(t) = 3 + \frac{1,5}{25} \cdot t .$$

Diese Annahme führt zu einem quadratischen Modell der zeitlichen Entwicklung der Erdgasreserven $r(t) = r_0 - v(t) \cdot t$

Abb. 4 zeigt die Funktionsgraphen beider Modelle. Lassen sich die Eingangsdaten mit Schiebereglern variieren, z.B. die Höhe der Erdgasreserven und/oder der Verbrauch, so sieht man die Reichweite sofort an den Funktionsgraphen. Beim Vergleich der Modelle wird deutlich, dass die prognostizierte Reichweite im quadratischen Modell mit nur 35 Jahren wesentlich kürzer ist.

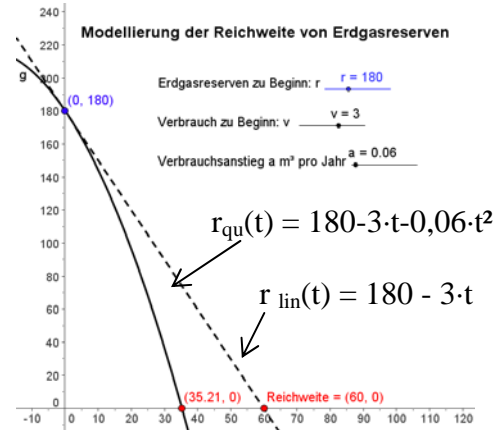


Abb.4

Obwohl das lineare Modell der „statischen“ Reichweite bestenfalls als „Momentaufnahme und Orientierungsgröße in einem sich dynamisch entwickelnden System“ dienen kann (LBEG 2008, S.2), wird es häufig zur Prognose missbraucht, z.B.: „Sichere Gasreserven reichen bis in die 70er Jahre des 21. Jahrhunderts“ (www.eon-ruhrgas.com). Ein Energieversorger wie EON hat offenbar kein Interesse daran, die Auswirkungen des steigenden Verbrauchs auf die Verkürzung der Reichweite zu betonen.

Die sorgfältige Auseinandersetzung mit vorgegebenen Modellierungen (z. B. der Reichweite der Erdgasreserven) soll bei Schülern eine konstruktiv-kritische Einstellung gegenüber dem Modellbilden wecken. Die Schwierigkeit steckt dabei weniger in der Verarbeitung des jeweiligen mathematischen Modells, als darin, die zu modellierenden Sachverhalte ernsthaft zu erkunden und sich über die Datenbeschaffung Gedanken zu machen. Keinesfalls darf die Behandlung ernsthafter Modellierungsaufgaben im Mathematikunterricht gewohnheitsmäßig auf einen Nachvollzug oder Variationen linearer Standardmodelle (z. B. der statischen Reichweite) beschränkt werden (vgl. Maaß 2007, 17-21). Dies könnte am Ende sogar mithelfen, weltweite, gesellschaftlich und politisch relevante Probleme auf unverantwortliche Weise zu verharmlosen.

Literatur

- Fischer, R. und Malle, G.(1985). *Mensch und Mathematik*. BI-Verlag.
- Maaß, K. (2007): *Mathematisches Modellieren. Aufgaben für die S I*. Berlin: Cornelsen.
- BP (2008): *Statistical Review of World Energy*. (Zugriff am 2.2.09 www.deutschebp.de)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2007). *Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2007* (Zugriff am 2.2.09 www.bgr.bund.de)
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Niedersachsen (2008). *Erdöl- und Erdgasreserven in der BRD am 1.1.2008*. (Zugriff am 2.2.09 http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C45703947_L20.pdf)