Mathematiklernen nicht nur im Mathematikunterricht

Angewandte Mathematik im Rahmen einer HBLA für Land- und Ernährungswirtschaft

Mag. Erwin Höferer
HBLA für Land- und Ernährungswirtschaft
Glantalstraße 59
9061 Klagenfurt – Wölfnitz

Klagenfurt, 2003

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract

Die an der HBLA für Land- und Ernährungswirtschaft – Pitzelstätten durchgeführten Projekte ‚Keimzahlbestimmung' und ‚Futterrationsberechnung' hatten die Aufgabe zu zeigen, dass Mathematik nicht alleine ein Vorrecht der MathematikerInnen ist, sondern dass die Mathematik auch in anderen Unterrichtsfächern ihre Bedeutung hat. Besonderes Augenmerk wurde auf die Eigentätigkeit der SchülerInnen gelegt. Die beteiligten LehrerInnen sollten nur die Funktion eines Trainers bzw. Moderators haben. Durch die Einbettung der Mathematik in andere Wissens- und Praxisgebiete wollten wir neue Sinndimensionen eröffnen: a) Mathematik als Instrument der Erkenntnis und b) Mathematik als Werkzeug für die schnellere praktische Umsetzung von Zusammenhängen.

1. Eckdaten zur Schule

Die Höhere Bundeslehranstalt für Land- und Ernährungswirtschaft in Pitzelstätten ist keine Schule im herkömmlichen Sinn. Unsere Schule ist direkt dem BMLFUW (Dienstgeber) als auch dem BMBWK (pädagogische Belange) unterstellt. Es werden derzeit ca. 400 SchülerInnen unterrichtet. Die Schule wurde 1954 als Höhere Bundeslehranstalt für landwirtschaftliche Frauenberufe gegründet und war bis 1988 ausschließlich den Mädchen und Frauen vorbehalten. Erst seit der Lehrplanreform 1988 ist es möglich, dass die Schule koedukativ geführt wird. Es ist deshalb auch nicht verwunderlich, dass der Anteil der männlichen Schüler (15 Schüler) noch relativ gering ist. Weiters ist anzumerken, dass SchülerInnen aus ganz Österreich unsere Schule besuchen, was dadurch ermöglicht wird, dass der Schule ein Schülerheim angeschlossen ist, in welchem ca. 50% der SchülerInnen untergebracht sind. Wie schon der Name sagt, liegt der Schwerpunkt der Schule auf dem Gebiet der Land- und Ernährungswirtschaft, wobei das Spektrum von der Urproduktion bis zur Vermarktung von Produkten reicht. Durch das Vorhandensein eines schuleigenen Lehrbetriebes und verschiedener Lehreinrichtungen ist die Verknüpfung von theoretischer und praktischer Ausbildung unmittelbar gegeben. Besonderes Augenmerk wird auf die Allgemein- und Persönlichkeitsbildung der SchülerInnen gelegt, so dass nach Beendigung der Schule mit der Diplom- und Reifeprüfung sich den MaturantInnen ein breites Feld an Möglichkeiten für weitere Bildung bzw. für den direkten Berufseinstieg eröffnet.

2. Die Ausgangslage

Es kann davon ausgegangen werden, dass wir eine gute Schule sind. Wesentliche Indikatoren wie SchülerInnen, LehrerInnen- und Elternzufriedenheit, aber auch die beruflichen Erfolge unserer Absolventinnen und Absolventen sprechen dafür. Dies ist jedoch kein Grund nicht noch besser zu werden; ein innovativer Unterricht ist und bleibt gefordert, Inhalte und Methoden sind der Zeit entsprechend zu entwickeln und anzuwenden.

Der Strukturwandel der Landwirtschaft (Schlagworte: Technisierung, Einsatz des PCs, Ökonomisierung, Nachhaltigkeit) macht es erforderlich, dass die Wichtigkeit der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Ökonomie an unserer Schule verstärkt ihren Ausdruck findet. Naturwissenschaftliche und ökonomische Fächer (z.B. Mikrobiologie, Ernährungslehre und Lebensmitteltechnologie, Marketing) treten vermehrt in den Vordergrund, während traditionelle hauswirtschaftliche Fächer (z.B. Textilverarbeitung, Hauswirtschaft) an Bedeutung verlieren.

Weiters gilt es, die Mathematik aus ihrem rein theoretischen Anspruch zu befreien und ihre Wichtigkeit für die Naturwissenschaften und Ökonomie festzuhalten; Mathematik ist sehr wohl in der Lage Modelle zur Verfügung zu stellen, um Vorgänge in der Natur, Wirtschaft und Gesellschaft besser begreifen zu können. Dieser Ansatz bleibt den SchülerInnen sehr häufig verborgen und es entsteht das Gefühl, dass Mathematik nur etwas für MathematikerInnen ist und die Realität ganz gut ohne Mathematik auskommt. Die zur Materie gewordene Mathematik, mag es nun die oberflächenoptimierte Konservendose oder das über viele Versuchsreihen zugelassene Medikament oder der Computer sein, wird nicht mehr als solche erkannt.

3. Die Rahmenbedingungen

Die Ausstattung der Schule mit Labors, einem landwirtschaftlichen Lehrbetrieb und das Führen von Übungsfirmen macht es möglich, dass Projekte direkt vor Ort geplant und durchgeführt werden können. Die breite Palette an naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Unterrichtsgegenständen an unserer Schule ist eine hervorragende Voraussetzung für die Vernetzung von mathematischen Inhalten. Da in praktischen Gegenständen und Übungen die Jahrgänge halbiert bzw. gedrittelt sind, können in diesen Unterrichtszeiten in kleineren, überschaubaren Gruppen Inhalte entwickelt und Methoden erprobt werden.

4. Das Ziel

Im Wesentlichen wurden vom Projektteam (Mag. Erwin Höferer, Mag. Christa Treul und DI Amalia Ukowitz) zwei Ziele verfolgt:

a) Die Feststellung, wie viel und welche Mathematik in naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fächern überhaupt notwendig ist. Es gilt in diesem Zusammenhang zu differenzieren, was an Mathematik benötigt wird, um eine erfolgreiche Schullaufbahn zu absolvieren bzw. was die Minimalvoraussetzung für ein späteres naturwissenschaftliches Studium (z. B. Agrarwissenschaften, Ernährungswissenschaften, Chemie, Biologie, Ökotrophologie, usf.) darstellt. Die Überlegungen in diese Richtung sollen auch eine kritische Reflexion und Anpassung der mathematischen Inhalte bewirken, wobei es ohne weiteres zu einer Verschiebung der Schwerpunkte – auch Entrümpelung - kommen kann. Weiters soll dadurch die Kommunikation zwischen Kolleginnen und Kollegen intensiviert werden mit der Absicht, Unterrichtsmaterialien gemeinsam zu erstellen und zu erproben. Doppelgleisigkeiten und Redundanz sollten im vermehrten Maße reduziert bzw. vermieden werden.

b) Die SchülerInnen sollen durch Eigentätigkeit erkennen, dass die Mathematik nicht nur im Mathematikunterricht Bedeutung besitzt, sondern es sehr wohl Querverbindungen zu naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Unterrichtsgegenständen gibt. Andererseits profitieren nicht nur die Naturwissenschaften und Ökonomie von der Mathematik, sondern auch die Mathematik von den naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fragestellungen. Auch durch diese Frage- und Problemstellungen kommt es zur Entwicklung neuer mathematischer Modelle und Simulationen. Wir haben uns dazu entschlossen, spezielle Fragestellungen aus den Fächern Biologie und Tierhaltung und Tierzüchtung anzusehen und uns zu fragen, wie Mathematik bei der Darstellung und Lösung von konkreten Problemen hilfreich sein kann bzw. welche mathematischen Inhalte wir benötigen, um bestimmte Probleme beschreiben und

lösen zu können. Nicht den operativen Charakter der Mathematik wollten wir in den Vordergrund rücken, sondern wir wollten zeigen, welche Darstellungsformen (z.B. Graphen, Formeln) und Denkstile (z.B. Abstraktion, Reduktion) Mathematik zur Verfügung stellt, um über Probleme kommunizieren zu können.
Für die Erreichung der Ziele wurden drei Projekte durchgeführt:
Aus dem Fach Biologie und angewandte Biologie: Bestimmung der Keimzahl in der Frischmilch und mathematische Modellbildung anhand dieses Versuchs.
Aus dem Fach Tierhaltung und Tierzüchtung: Futterrationsberechnung für Milchkühe.
Aus dem Fach Mathematik: Gruppenarbeit zu offenen Anwendungsaufgaben mit zum Teil für die Schülerinnen neuen mathematischen Inhalten.

5. Die Realisierung

Im Folgenden werde ich mich auf die Beschreibung der Projekte in den Gegenständen Biologie und angewandte Biologie und Tierhaltung und Tierzüchtung beschränken. Beide Projekte sind durch Eigentätigkeit der SchülerInnen gekennzeichnet. Das Mathematikprojekt findet erst im Schuljahr 2003/04 seinen Abschluss und wird daher erst zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben. Ebenso ist die Diskussion über die für die Fächer benötigte Mathematik derzeit noch nicht abgeschlossen.
Für das Gelingen der Projekte trugen Frau Prof. Mag. Christa Treul (Biologie) und Frau Prof. Dipl.-Ing. Amalia Ukowitz (Tierhaltung und Tierzüchtung) wesentlich bei. Es muss grundsätzlich angemerkt werden, dass Projekte nur dann gelingen können, wenn es zu einer intensiven Zusammenarbeit unter Kolleginnen und Kollegen kommt. Abgesehen vom sozialen Aspekt ist es eine fachliche Bereicherung, sich mit Inhalten aus ganz anderen Disziplinen auseinanderzusetzen und doch Parallelen zu finden. Es ist für einen Mathematiker interessant zu erfahren, welche mathematischen Modelle sowohl in der Biologie aber auch in der Tierhaltung verwendet werden.

5.1 Projekt Keimzahlbestimmung

Es ist nichts Neues, dass die Exponential- und Logarithmusfunktionen zur Beschreibung von natürlichen Wachstumsvorgängen verwendet werden. Der besondere didaktische Reiz wird jedoch dadurch erzielt, wenn zuerst Keimkulturen angelegt werden und anschließend nach einem passenden mathematischen Modell Ausschau gehalten wird. Beispiele wie
Die Keime in der Kuhmilch vermehren sich exponentiell. In 1 cm³ Kuhmilch waren 3 Stunden nach dem Melken 66000 Keime, 2 Stunden später 1,1 Millionen. Wie viele Keime waren es 2 bzw. 6 Stunden nach dem Melken?[1]
funktionieren mathematisch gesehen immer. Die Frage, wie man auf solche Beispiele kommt, bleibt für die SchülerInnen aber häufig unbeantwortet. Auch werden während des Mathematikunterrichts selten Überlegungen der Art angestellt, ob über ein solches Beispiel eine für den Bauern relevante Wirklichkeit beschrieben wird oder ob dieses Beispiel sich Mathematiker ohne Realitätsbezug ausgedacht haben. Meist wird auf die außermathematische Reflexion verzichtet und auch nur der mathematisch – operative Kern (sprich: nur die Anwendung der Exponentialfunktion) in den Vordergrund gerückt. Der eigentliche Inhalt des Beispiels ist und bleibt sekundär. Allein die Vorstellung wie viel 1,1 Millionen Keime sind, wie eine solche Anzahl gezählt werden kann und ob eine solche Keimzahl bereits gesundheitsschädlich ist,

[1] Kronfellner, Peschek; Angewandte Mathematik 2, S. 118

wird meist nicht thematisiert. Dass weiters die Anzahl der Keime in der Milch für den Landwirt ein Qualitätskriterium darstellt, von welchem auch die Bezahlung abhängt, wird überhaupt in der Schule gerne vergessen. Ich möchte damit nur aufzeigen, dass, wenn man in dem oben erwähnten Beispiel den eigentlichen Text nicht gleich weglässt und zum mathematischen Operieren übergeht, viele Möglichkeiten der mathematischen aber auch außermathematischen Reflexion gegeben wären.
Gemeinsam mit Prof. Christa Treul versuchten wir den Weg von der biologischen Praxis zur mathematischen Theorie zu beschreiten, wobei das Hauptaugenmerk auf die Eigentätigkeit der SchülerInnen gelegt wurde.

Die Bestimmung der Keimzahl erfolgt im Wesentlichen in folgenden Schritten:

- Vorbereitung der Geräte und Lösungen (Nährböden)
- Herstellung einer Verdünnungsreihe
- Beimpfen der Petrischalen
- Plattengießen
- Bebrüten der Petrischalen
- Auswertung

Die SchülerInnen des 2A – Jahrgangs (10. Schulstufe) arbeiteten in der ersten Phase sowohl im Biologie- als auch Chemielabor. Entsprechende Verdünnungsreihen mit Ringer – Lösung wurden hergestellt, wobei die Milchproben vom eigenen Betrieb stammten. Die Herstellung der Verdünnungen ist erforderlich, um eine spätere Auszählung der Keimkolonien zu ermöglichen. Um die Petrischalen auswerten zu können, sollen zwischen 20 bis maximal 200 Kolonien pro Petrischale enthalten sein.

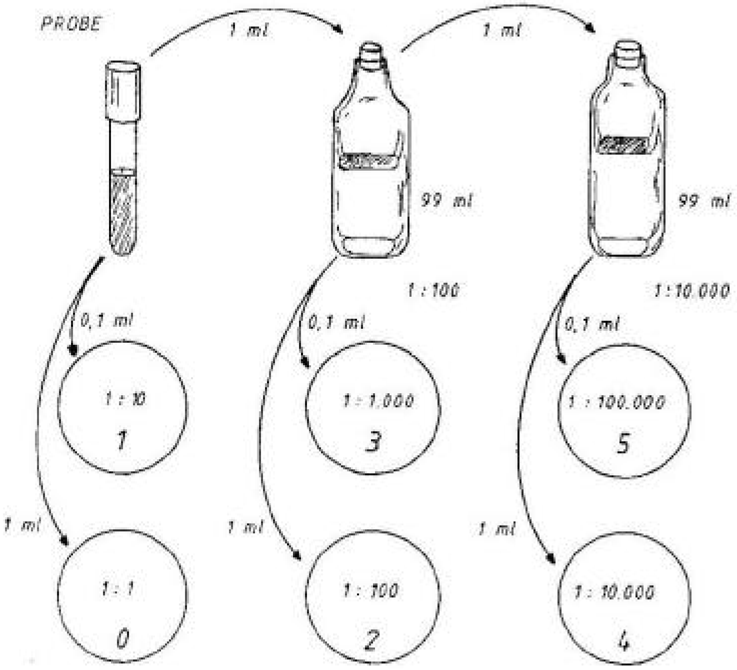


Abbildung 1: Verdünnungsreihe

Schon bei der Erstellung der Verdünnungsreihen sind mathematische Grundkenntnisse erforderlich bzw. muss das Problem gelöst werden, wie aus einer 1:10 Verdünnung eine 1:100 Verdünnung usf. gewonnen werden kann. Natürlich erfordert das Herstellen solcher Verdünnungsreihen von den Schülerinnen Genauigkeit, eine gewisse Geschicklichkeit und natürlich steriles Arbeiten (Umwelteinflüsse müssen weitestgehend ausgeschlossen werden). Im Anschluss daran werden Petrischalen beimpft, mit Nährlösung (Ager) vermischt und anschließend bei 30° C im Brutschrank für 3 Tage bebrütet. Eine Unterbrechung der Bebrütung zum Zwecke einer zwischenzeitlichen Auszählung ist nicht sinnvoll, da es a) zu einer Unterbrechung der Keimvermehrung kommen könnte und b) in jeder Verdünnung, um die entsprechende Potenz reduziert, die ursprüngliche Keimzahl repräsentiert ist. Nur das gleichlange Bebrüten aller Schalen lässt ein valides Ergebnis erwarten.

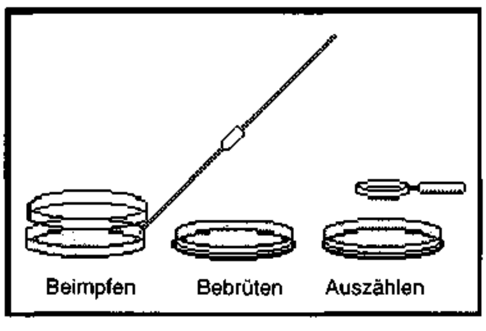


Abbildung 2: Ablauf des Versuchs

Es ist organisatorisch günstig, wenn diese Arbeiten in Kleingruppen und ohne direkten Zeitdruck erfolgen können. Beobachtungen aber auch fachliche Instruktionen konnten so direkter und effektiver durchgeführt werden. Wir führten diese Arbeiten während der biologischen Übungen durch, wobei mich die Begeisterung aber auch der Ernst der SchülerInnen faszinierte.

Nach dem Bebrüten werden die Kolonien ge-

zählt (aus einem Keim wird eine Kolonie), wobei sich die Gesamtkeimzahl pro cm^3 durch Multiplikation mit dem Verdünnungsfaktor ergibt.
Wir erhielten die folgenden Resultate:

Probe: 1 ml

Verdünnung	2	3	4	5
Serie 1 (Anzahl der Kolonien)	300	40	4	1
Serie 2 (Anzahl der Kolonien)	280	40	5	n.a.

Für die SchülerInnen war ersichtlich, dass bei einer Verdünnung von 1:10 ein Auszählen der Kolonien auf Grund der großen Anzahl nicht möglich war.

Abbildung 3: Auftragen der Probe

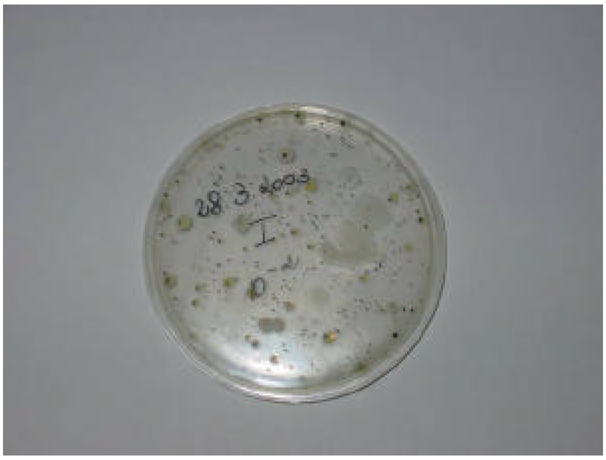


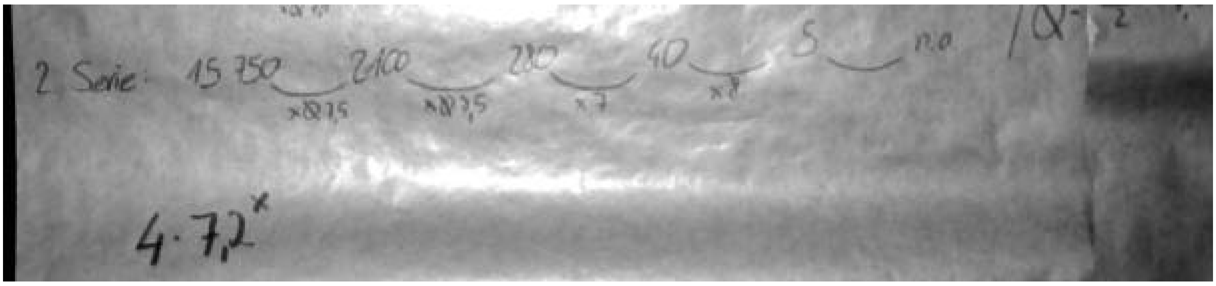
Abbildung 4: Nach dem Bebrüten

Bei der mathematischen Betrachtung der Auszählserien wurde den SchülerInnen sehr schnell klar, dass die Verwendung linearer Modelle zu keinem richtigen Ergebnis führt. Immer wieder wurde versucht auf mathematisches Wissen zurückzugreifen und zu integrieren. Ein Zitat einer Schülerin soll zeigen, wie sehr am linearen Denken festgehalten wurde: *„Bei einer normalen Schlussrechnung kommt kein richtiges Ergebnis raus, weil es durch äußere Einflüsse im Labor bestimmt wird!"* Über diesen Satz musste ich immer wieder nachdenken. Im Wesentlichen will die Schülerin nichts anderes ausdrücken, als dass die Wirklichkeit – wenn auch Laborwirklichkeit- schuld daran hat, dass einfache und bekannte Methoden der angewandten Mathematik nicht funktionieren. In einem weiteren Sinn hat der Gedanke schon seine Berechtigung: ‚Die Wirklichkeit muss immer wieder der Mathematik angepasst werden, damit ein gewünschtes mathematisches Modell funktioniert.' Auch hier kann das Grundprinzip wie folgt lauten:

„*Je mehr Mathematik in ein Gebiet hineingesteckt wird, desto besser ist Mathematik dort anwendbar*."[2]

Wenn der Satz der Schülerin auch etwas eigenartig anmutet, so zeugt er doch von einer gewissen Sensibilität gegenüber dem Verhältnis von Wirklichkeit und Mathematik.

Die SchülerInnen arbeiteten in Kleingruppen (4 – 5 Schülerinnen), wobei sie alle ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (Mitschriften, Bücher, usf.) verwenden konnten. Anmerken möchte ich, dass zu diesem Zeitpunkt der Begriff der Exponentialfunktion den Schülerinnen noch nicht bekannt war. Ein Ziel war, über die Potenzfunktion, die den Schülerinnen bereits bekannt war, zur Exponentialfunktion zu gelangen. Eine mathematische Aufgabe bestand darin zu erkennen und zu beschreiben, wie innerhalb einer Verdünnungsreihe von einer Auszählung auf die



sen werden kann. Unter der Annahme, dass ein solches Bildungsgesetz existiert, müsste es möglich sein, die Praxis der Keimzahlermittlung zu vereinfachen. Die Notwendigkeit der Erzeugung von mehreren Verdünnungsreihen wäre nicht mehr gegeben, sondern es wäre hinreichend, wenn das Auszählergebnis einer Verdünnung vorliegt und von diesem auf die tatsächliche Keimzahl geschlossen werden kann. Der praktische Versuch sollte in einer mathematischen ‚Formel' seinen Ausdruck finden. Eine Beziehung der Form $N = N_x \cdot 10^x$ (N… Anzahl der Keime in der Frischmilch, x …Verdünnungsexponent, N_x… Auszählungsergebnis) hätte von den SchülerInnen gefunden werden sollen. Eine Schwierigkeit bei der Auffindung der ‚richtigen' mathematischen Beziehung bestand darin, dass die ‚händischen' Auszählergebnisse gewisse Ungenauigkeiten aufwiesen. Es könnte aber auch umgekehrt argumentiert werden, dass die Auszählergebnisse sehr wohl sehr genau waren, aber die Keime ein zu geringes mathematisches Verständnis mitbrachten um mathematisch – rein zu wachsen.

[2] Fischer, R., S. 20, 1987

Verschiedene Darstellungsformen (z.B. Funktionsgleichung, Wertetabellen) wurden mit mehr oder weniger Erfolg verwendet. Es wurde nach Regelmäßigkeiten, Mustern und Abhängigkeiten gesucht (wie folgt ein Folgeglied aus dem vorhergehenden; können Schwankungen durch Mittelwerte ausgeglichen werden, usf.) und auch gefunden (z. Bsp. $f(x) = 4 \cdot 7{,}2^x$). In dieser Phase stand nicht die Richtigkeit der Ergebnisse im Vordergrund, sondern die gewählten Methoden und Ansätze, die zu diesen Lösungen führten.

Die grafische Darstellung der Ergebnisse führte die SchülerInnen auf den richtigen Weg, wobei ich schon immer wieder versuchte die „richtigen" Tipps zu geben. Ich war positiv überrascht, mit welcher Motivation, Eigenständigkeit und verbalen Kompetenz sie versuchten ein mathematisches Modell zu finden. In dieser Phase war meine Aufgabe die eines Fragenbeantworters und Moderators, wobei die Klassenschülerzahl und die zeitlichen Beschränkungen Schwierigkeiten bereiteten. Selbstkritisch muss ich anmerken, dass es mir immer wieder passierte, dass ich in die Lehrerrolle zurückfiel. Damit soll ausgedrückt werden, dass ich den SchülerInnen, wenn sie mich um Hilfe baten, zu wenig Raum für ihre eigenen Gedanken und Überlegungen ließ, und immer wieder zu schnell versuchte, sie auf die ‚richtigen' Gedanken zu bringen. Dies wurde mir auch durch spätere Videoaufzeichnungen von Gruppenarbeiten durch Dr. Helga Jungwirth vor Augen geführt. SchülerInnen sind in der Lage falsche Denkmuster als solche zu erkennen – als Lehrer muss man ihnen nur die Zeit dazu lassen. Es kann nur darum gehen, dass die SchülerInnen <u>selbst</u> lernen mathematisch zu denken und dazu gehört auch, dass falsche Wege zugelassen werden. Es ist der Mathematik immanent, dass solche Wege zu einem Widerspruch führen. Es ist aber die Aufgabe des Lehrers, diese Widersprüche aufzuzeigen und zu thematisieren. Das Dilemma von Gruppenbetreuung und Arbeit mit der ganzen Klasse blieb jedoch bestehen. Verwendete ich mehr Zeit dafür, um mit den einzelnen Gruppen zu arbeiten, so kamen die allgemeinen Erklärungen zu kurz und umgekehrt. Dies ist auch eine Erkenntnis, dass Didaktik nicht unabhängig von Klassengröße und Unterrichtsorganisation sein kann.

Im Laufe von zwei Unterrichtseinheiten fanden die SchülerInnen eine mathematische Beschreibung eines Laborversuchs.

Mathematik zeigte sich den SchülerInnen einmal anders. Nicht wie gewohnt als System von Symbolen und Operationen mit diesen, sondern als Werkzeug zur Erstellung eines formalen Systems. Die Keime der Milch wurden diszipliniert, sie konnten sich nicht mehr so vermehren wie sie wollten, sondern sie wurden ‚abzählbar' und damit ‚berechenbar'.

Eine nachträgliche mündliche Befragung der SchülerInnen ergab, dass die gewählten Arbeitsformen durchwegs positiv aufgenommen wurden. Vor allem aber, dass sie selbst praktisch arbeiten und denken durften, dass sie sich selbst als Wissensproduzenten erkennen durften, fand großen Anklang. Daraus entwickelte sich auch die Idee, dass wir im nächsten Schuljahr an der Schule einen ‚Maths-Day' für alle Interessierten (SchülerInnen, LehrerInnen, Eltern, …) gestalten wollen.

5.2 Projekt Futterrationsberechnung

In einem weiteren Projekt, welches ich gemeinsam mit Frau Prof. Dipl.-Ing. Amalia Ukowitz und dem 3. Aufbaulehrgang durchführte, ging es darum Futterrationsberechnungen mittels mathematischer und elektronischer Hilfsmittel zu vereinfachen. Im Wesentlichen musste festgestellt werden, welche Bedingungen erforderlich sind, um zu einer optimalen Fütterung von Milchkühen zu gelangen, d.h. es gilt eine be-

stimmte Milchleistung zu erbringen, wobei nicht nur die Menge als Kriterium aufscheint, sondern auch Fett- und Eiweißgehalt Berücksichtigung finden müssen. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ist selbstverständlich darauf zu achten, dass die Fütterung und Tierhaltung artgerecht erfolgt, d.h. eine gesundheitliche Schädigung der Tiere auch langfristig unterbleibt. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit müssen die Ressourcen eines Betriebes bestmöglich in das Fütterungsmodell eingebunden werden. Der Grundgedanke ist, dass mit dem vorhandenen Grundfutter die angestrebten Ziele (Milchmenge, Fettgehalt, Eiweißgehalt) in der Regel nicht erreichbar sind, außer man stellt die Anforderungen an die Milchleistung bewusst niedrig. Es muss also eine Mischung aus Grund- und Kraftfutter gefunden werden, so dass Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit am Betrieb gewährleistet sind.
Das inhaltliche Vorwissen wie eine Futterrationsberechnung durchzuführen ist, war seitens der SchülerInnen vorhanden. Die eigentliche, händische Berechnung der Rationen stellt aber ein aufwendiges und fehleranfälliges Unternehmen dar. Wird auch nur ein Parameter geändert (erwünschte Milchleistung, Grundfutteranteil, usw.), so muss die gesamte Rechnung erneut durchgeführt werden, was auf Dauer zu einer gewissen Demotivation führt. Nicht die Mathematik an sich sollte im Vordergrund stehen, sonder die Mathematik als Werkzeug und Hilfsmittel. Es war auch wichtig aufzuzeigen, dass operative Teile der Mathematik, wie z.B. Berechnung von Determinanten, vom Computer übernommen werden kann. Mathematisch gesehen handelt es sich bei Futterrationsberechnungen um das Auflösen linearer Gleichungssysteme. In diesem Zusammenhang wird die Frage nach der Methode wie lineare Gleichungssysteme gelöst werden können wichtiger als die konkrete Berechnung der Lösung.
Die SchülerInnen hatten die Aufgabe ein Modell zu entwickeln, welches sowohl von der Tierhaltung als auch von der Mathematik aus gesehen richtig ist. Die Richtigkeit eines Modells impliziert aber noch nicht die Anwenderfreundlichkeit. Es galt daher nach der inhaltlichen und mathematischen Abklärung des Problems ein Excel – Spreadsheet zu entwickeln, so dass ein komfortables Arbeiten möglich wurde. Grund- und Kraftfuttertabellen wurden im System implementiert, Bedingungen formuliert und mathematische Beziehungen hergestellt. Auf Grund des zeitlich großen Zeitaufwandes beim 'händischen' Rechnen konnten kaum verschiedene Eingangsbedingungen variiert werden; erst mit der Möglichkeit der digitalen Bearbeitung des Futterrationsproblems konnten Simulationen durchgeführt und besprochen werden. Während des ganzen Projekts standen meine Kollegin und ich als Informationsgeber zur Verfügung, wobei meine Kollegin den inhaltlichen Teil der Futterrationsberechnung und ich den mathematischen und elektronischen Part übernahm. Die Hauptarbeit konnte jedoch von den SchülerInnen selbst bewältigt werden. Sie schufen sich selbst ein elektronisches Werkzeug für die Bewältigung eines Problems. Es stand nicht die gewohnte Mathematik im Vordergrund, sondern der Prozess des Formalisierens. Die operative Dimension der Mathematik kann im vermehrten Maße von Maschinen übernommen werden, die Aufgabe des Menschen bleibt es, die Natur so weit zu formalisieren, dass sie unter Anwendung von Modellen begreifbar und formbar wird. Erworbene Erfahrungen im Umgang mit Natur sollen aber weiterhin bestehen bleiben und nicht durch Mathematik verkürzt werden. Auch wenn der Computer einmal ausfällt, müssen Tiere gefüttert und versorgt werden. Die Präsenz und die Bedeutung des Sachwissens bzw. der Erfahrung kamen auch im Interview zum Ausdruck, das Frau Dr. Helga Jungwirth mit zwei Schülerinnen über dieses Projekt führte. Auch bei der Antwort auf die Frage nach den mathematischen Mitteln unabhängig von der softwaremäßigen Realisierung stand die sachinhaltliche Dimension im Vordergrund. Auf die Frage von Frau Dr. Helga Jungwirth:

"… Aber angenommen, das Programm wäre jetzt nicht vorhanden ma müßte des irgendwie selber machen was für mathematisches Werkzeug würde ma da verwendn müssn?"
***Schülerin**: „ja im Prinzip da kannst fast kein mathematisches Werkzeug verwenden; des is einfach amal nach Gefühl probieren, bei Heu wird ma sicher net mehr wie zwa drei Kilo nehmen weil da waß jeder oder des waß ma vom Unterricht her von Tierzüchtung, daß es sehr rohfaserreich is und daß ma da net mehr verwenden darf und daß ma solche Kleesilagen oder Maissilagen immer hauptsächlich nimmt, und dann fängst eigentlich an zum Probieren und dann tragt ma alle Werte von der Tabelle ein".*
Mathematik wird als Werkzeug sehr wohl angenommen, auch in Hinblick auf Erleichterung von Praxis; umgekehrt wird aber auch erkannt, dass alleinige mathematische Modellbildung für den Umgang mit Natur nicht hinreichend sein kann.

6. Resümee

Die beiden an unserer Schule durchgeführten Projekte zeigten, dass Synergien zwischen LehrerInnen, zwischen LehrerInnen und SchülerInnen und zwischen SchülerInnen sehr wohl genützt werden können. Bei den gemeinsamen Arbeiten hatten auch die SchülerInnen einmal die Möglichkeit zu sehen, dass auch LehrerInnen Lernende sind und dass Lernen auch Spaß bereiten kann. Andererseits hatten aber auch wir die Chance zu sehen, dass SchülerInnen sehr wohl motiviert sind zu arbeiten, dass sie verstehen und erkennen wollen, wenn man ihnen die Sinnhaftigkeit von Inhalten und Fragestellungen vermittelt und sie in Eigenverantwortung und Selbstständigkeit arbeiten lässt. Wahrscheinlich kann man Mathematik nicht lehren, sondern Mathematik kann nur durch Eigentätigkeit gelernt werden; die Funktion der LehrerInnen liegt dann im Geben von Informationen und Moderieren. Es kann in der Oberstufenmathematik nicht um die Quantität des durchgemachten Stoffes gehen, sondern die Qualität des Denkens muss im Zentrum des Unterrichts stehen. Zu verstehen, wie und wo formale Systeme funktionieren, warum sie ihre Bedeutung haben und wie man selbst Formalisierungen durchführen kann, ist wichtiger als das beherrschen eines Algorithmus. Deshalb ist es auch wichtig unmittelbar zu zeigen, dass Mathematik nicht nur in der Mathematik wichtig ist, sondern dass Mathematik ein verbindliches System in den Wissenschaften darstellt.
In einem weiteren Projekt könnte untersucht werden, welches Bild von Mathematik sich in den Köpfen der SchülerInnen festsetzt und was aus naturwissenschaftlichen, aber auch sozialen Fragestellungen wird, wenn Mathematik sich diesen Themata widmet.

7. Literatur

FISCHER,R.: Mathematik und gesellschaftlicher Wandel, Universität Klagenfurt 1987
KRONFELLNER,M., PESCHEK,W.: Angewandte Mathematik 2, Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1986