Quelle:

Praxis der Naturwissenschaften - Biologie

Heft 8, Jahrgang 2000 (49.)

Das NUGI-Konzept –

Ein innovatives Netzwerk Universität, Gymnasien, Industrie

E. Stupperich

1 Einführung

Der gymnasiale Biologieunterricht sieht sich häufig der Forderung ausgesetzt moderne Fragen des Faches zu behandeln. Unter „modern" wird in der Regel eine molekularbiologisch-biotechnologische Ausrichtung verstanden. Vermutlich liegen tatsächlich in diesen Feldern bedeutende Berufsperspektiven vieler zukünftiger Biologen [1], die heute noch Gymnasiasten oder bereits Studenten sind. Allerdings können die meisten Gymnasien dieser Forderung bestenfalls theoretisch, nicht aber praktisch nachkommen, weil die notwendigen Voraussetzungen für eine solche praktische Ausbildung noch nicht geschaffen wurden. Eine praktische Erfahrung in einem Fachgebiet erscheint jedoch wichtig, wenn eine fundierte Entscheidung für oder gegen eine spätere Berufsorientierung erfolgen soll. Daher müssen die derzeit ungünstigen Rahmenbedingungen geändert werden, damit zukunftsträchtige, biologisch-basierte Berufsfelder von Biologen erkannt und nicht durch andere Mitbewerber im weltweiten Stellenmarkt besetzt werden. In diesem Umfeld setzt NUGI (Netzwerk Universität, Gymnasien, Industrie) [2] an, dessen Konzept hier zur Diskussion gestellt wird.

NUGIs Ziel ist eine Neuorientierung des gymnasialen Biologieunterrichtes unter Mitwirkung der Universität und der Industrie. Die grundsätzliche Frage lautet also: Können Gymnasien, Universität und Industrie zusammengeführt werden um den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Gymnasien weiterzuentwickeln? Die Antwort lautet eindeutig: Ja. Ich zeige im Folgenden am NUGI-Projekt, wie ein solches Netzwerk aufgebaut werden kann. Am Beispiel des Experimentes „Plasmidisolierung" skizziere ich, wie ein Detail des Netzwerks ausgearbeitet wurde. Meine mehrjährigen Erfahrungen im Netzwerkaufbau teile ich gerne mit anderen Interessierten, die sich für eine rasche und nachhaltige Entwicklung des Biologieunterrichtes zum Nutzen der Schülerinnen und Schüler einsetzen möchten.

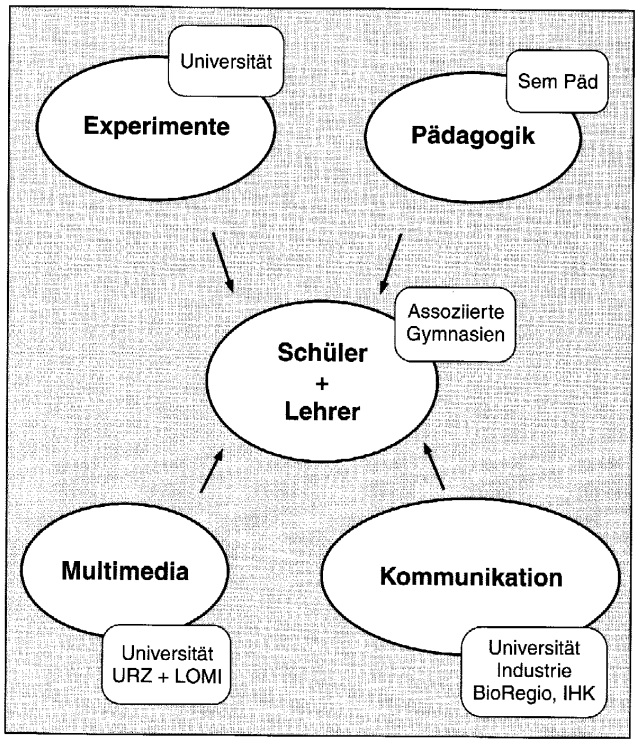
Das innovative NUGI-Konzept befindet sich noch im Aufbau. Es weist aber schon jetzt zu anderen Projekten [3, 4, 5] einige Besonderheiten auf, wie

- die Ausstattung der Partnergymnasien für zeitgemäßes, experimentelles Arbeiten in der Biologie,
- eine mehrjährige wissenschaftliche Betreuung in den Gymnasien und
- eine kontinuierliche Lehrer- und Schülerfortbildung in den beteiligten Gymnasien und der Universität.

2 Grundzüge des NUGI-Konzeptes

Auf partnerschaftlicher Grundlage übernehmen Mitarbeiter der Universität Ulm und verschiedene Industriebetriebe eine Patenschaft für ausgewählte Gymnasien. Durch eine mehrjährige Zusammenarbeit aller drei Institutionen werden verbesserte Rahmenbedingungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht geschaffen.
NUGI setzt auf praktische und theoretische Fortbildung für motivierte Lehrer, Schüler sowie teilweise für ihre Eltern. Diese Aktivitäten gehen weit über den üblichen Rahmen von Lehrerfortbildungen hinaus. Die Fortbildungsveranstaltungen finden in den Partnergymnasien und in der Universität statt. Zeitweise werden Versuche durch Mitarbeiter der Universität in den Schulen betreut. Die theoretischen Fortbildungsveranstaltungen werden zu aktuellen Schwerpunktthemen der Biologie angeboten, wobei die Dozenten in der Regel praktizierende Fachleute sind. Beispielsweise referiert ein Vertreter des Landeskriminalamtes über „molekularbiologische Methoden in der Kriminalistik", ein Vertreter einer Gemeinschaftspraxis für molekularbiologische Diagnostik über „Vaterschaftsnachweis und die Analyse von monogenetischen Erbkrankheiten".
NUGI ist modular organisiert (Abb. 1) um flexibel auf neue Anforderungen reagieren zu können. Im Mittelpunkt aller Anstrengungen stehen die Schüler und als Multiplikatoren deren Lehrer.

Abb. 1: NUGIs Organigramm. Assoziierte Gymnasien sind solche, die bereits im NUGI-Projekt integriert sind aber noch einen Sponsor suchen

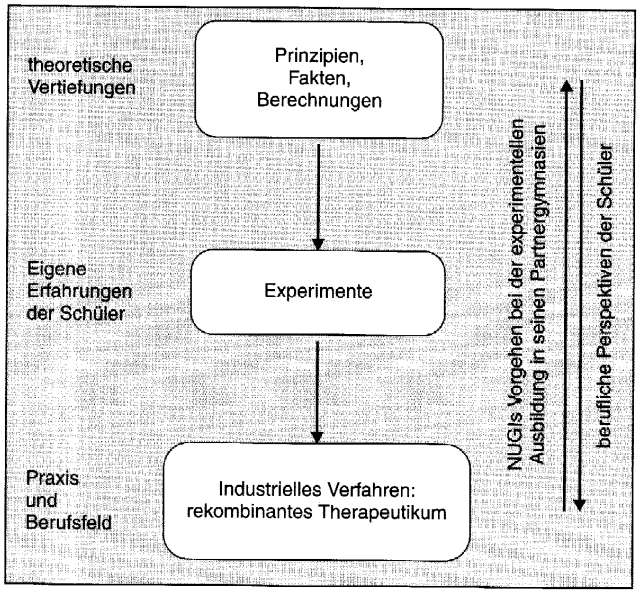


Wichtige Module der NUGI-Organisation sind „Experimente" und „Multimedia". NUGI setzt bei seinen Experimenten auf den Grundsatz kiss: keep it simple and safe. Unseren Partnergymnasien werden schulgerechte, aus industriellen Verfahren abgeleitete Versuche angeboten (Abb. 2), die mit einem Fachkollegen auf ihre Schultauglichkeit überprüft werden.
Im Modul Multimedia werden die NUGI-Aktivitäten elektronisch gebündelt. Derzeit gibt es im Internet einen kleinen, allgemein zugänglichen Teil [2] und einen größeren Bereich, der für die Partnergymnasien reserviert ist. Hier werden Experimente im Detail behandelt und mit Vorlagen für den Unterricht versehen. Die Vorlagen können als Arbeitsblätter ausgedruckt werden.
Für welche Fächer ist NUGI konzipiert? NUGI wird derzeit für den Biologieunterricht erprobt. Allerdings ist das Konzept fächerübergreifend angelegt. So wurde bereits eine gemeinsame Unterrichtsreihe mit der Chemie abgehalten. Das NUGI-Konzept ist grundsätzlich auf andere naturwissenschaftliche Fächer übertragbar, auch in Realschulen. Selbst in der Ausbildung zur Technischen Assistentin oder zum Technischen Assistenten setze ich es erfolgreich ein. Etwa drei von vier Auszubildenen in dieser Fachrichtung sind Abiturientinnen und Abiturienten.

3 Beispiel: Plasmidisolierung

Als Beispiel sei die Isolierung eines pUC18 Plasmides [6] aus *E. coli* skizziert. Plasmide sind als Genfähren wichtige Handwerkszeuge in der Molekularbiologie, mit deren Hilfe Gene kloniert, gentechnisch veränderte Organismen hergestellt und rekombinante Proteine produziert werden können. Zu diesem Versuch wird eine farbige Arbeitsanleitung

Abb. 2: Prinzipieller Aufbau des NUGI Moduls „Experimente". Nugi verwendet als Vorlage für den Lernstoff praktische Beispiele aus der biotechnologischen Herstellung von rekombinanten Therapeutika wie EPO, t-PA und Insulin. Umgekehrt kann der Schüler aus dem Lernstoff auf dessen praktischen Bezug und seine Anwendbarkeit schließen. EPO (Erythropoietin) regt die Blutbildung nach der Chemotherapie bei Krebspatienten an; t-PA (tissue plasminogen activator) wird in größeren Mengen verabreicht bei akutem Herzinfakt. Insulin reguliert den Blutzuckergehalt bei Diabetikern



ausgegeben (Abb. 3 und Abb. 4). Beide Abbildungen werden gegeneinandergesetzt und dann als Einheit laminiert den Schülern im Unterricht zur Verfügung gestellt. Die Abb. 3 bietet Anfängern einen Überblick, für Fortgeschrittene dient sie als Arbeitsanleitung. Die Abb. 4 enthält die gleichen Informationen wie Abb. 3, allerdings als detaillierte Arbeitsanweisungen für Anfänger. Alle Angaben der Abb. 3 und Abb. 4 beziehen sich auf das Arbeiten mit dem Miniprep Plasmidisolierungskit des NUGI Sponsors Qiagen [7], der im NUGI Projekt für solche Experimente eingesetzt wird.

Hier einige kurze Erläuterungen zu den Arbeitsschritten: Der Puffer P1 ist alkalisch; er enthält verschiedene Substanzen, die die bakterielle Zellmembran aufschließen, damit die Nukleinsäuren aus den Bakterienzellen austreten können. Außerdem enthält P1 das Enzym RNase, das zusätzlich zum alkalischen pH-Wert die Ribonukleinsäuren hydrolisiert. Der Puffer P2 neutralisiert die Lösung aus dem Arbeitsschritt 2 (Abb. 4) und erhöht die Ionenkonzentration in der Plasmidlösung. Eine hohe Salzkonzentration ist notwendig, damit die störende chromosomale DNA vom kleineren Plasmidmolekül abgetrennt und das Plasmid später im Schritt 7 (Abb. 4) an das Säulenmaterial binden kann. Durch die Lösung N3 werden Protein denaturierende Agentien zugegeben, die viele cytoplasmatische Eiweißstoffe der Bakterienzellen ausfällen. Die anschließende Zentrifugation trennt Zelltrümmer, denaturierte Proteine und chromosomale DNA von den Plasmiden, die im Schritt 7 (Abb. 4) auf eine kleine Säule aufgetragen werden. Die nachfolgenden Reinigungsschritte auf dieser Säule werden durch Zentrifugieren beschleunigt. So werden mit den Puffern PB und PE noch verbliebene Proteine, vor allem auch Endonukleasen ausgewaschen, die anschließende Untersuchungen und weiterführende Experimente mit den Plasmiden stören könnten. Im Schritt 10 (Abb. 4) wird durch Zugabe von Wasser auf die Säule die Ionenstärke stark verringert. Dadurch werden die Plasmidmoleküle vom Säulenmaterial abgelöst. Diese Plasmidpräparation kann eventuell für ein Transformationsexperiment eingesetzt werden (siehe unten).

Für das Plasmidisolierungs-Experiment benötigen Sie eine plasmidhaltige *E. coli* Kultur (wird in unseren Partnergymnasien selbst gezüchtet), einen Plasmidisolierungs-Kit (wird den NUGI-Gymnasien vom Sponsor kostenlos zur Verfügung gestellt), sterile Eppendorf-Gefäße, eine Eppendorf-Tischzentrifuge, automatische Pipetten mit sterilen Spitzen, ein Agarosegel, eine Spannungsquelle, verschiedene Restriktionsendonukleasen und zugehörige Puffer (beziehen die NUGI-Gymnasien vom Sponsor mit 50 % Rabatt), ein

Abb. 3: Übersicht zur Plasmidisolierung. Die Angaben sind eine grafische Darstellung der detaillierten Anweisungen in Abb. 4

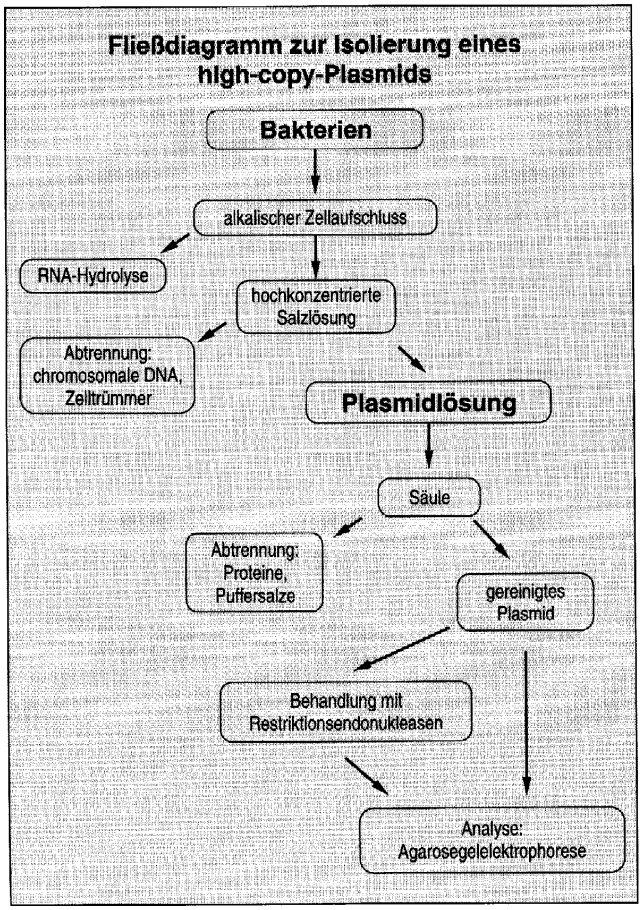


Abb. 4: Arbeitsanweisung zur Plasmidisolierung. P1, P2, N3, PB, EB sind Bezeichnungen der Firma QIAGEN für Reagenzien in ihrem Plasmidisolierungskit. Dieser Reagenziensatz enthält auch kleine Qiaprep-Säulen zur Adsorption von Plasmid-DNA in hochkonzentrierten Salzlösungen

Isolierung eines high-copy Plasmids aus *E. coli*

1. Zentrifugiere die Bakteriensuspension (5000 x g, 5 min, Raumtemperatur)
   Niederschlag: Bakterienzellen, werden für den nächsten Arbeitsschritt benötigt
2. Resuspendiere die Bakterienzellen in 250 µl **Puffer P1**.
   Achtung: es dürfen keine Zellklumpen übrig bleiben!
3. Gib 250 µl **Puffer P2** dazu und mische **vorsichtig**. 5–6 mal das Gefäß umdrehen.
4. Inkubiere die Lösung bis zu 5 min.
5. Gib 350 µl **Puffer N3** dazu und mische sofort vorsichtig!
   Merke: 5–6 mal das Gefäß umdrehen, die Lösung sollte trübe werden
6. Zentrifugiere für 10 min. (volle Leistung, Raumtemperatur)
   Überstand: enthält das Plasmid, das für den nächsten Arbeitsschritt benötigt wird
7. Überstand aus Schritt (5.) wird mit einer Pipette auf eine QIAprep-Säule aufgetragen, die in ein 2 ml Zentrifugenröhrchen gesteckt wird.
8. Zentrifugiere für 30–60 sec. Durchlauf verwerfen!
9. Wasche die QIAprep-Säule 0,5 ml **Puffer PB**:
   Puffer auftragen und für 30–60 sec. zentrifugieren → Durchlauf verwerfen
10. Trage auf die QIAprep-Säule 0,75 ml **Puffer PE** auf, zentrifugiere 30–60 sec,
    Merke: Durchlauf verwerfen
11. Erneut zentrifugieren (ca. 1 min.), um den Puffer PE **vollständig** zu entfernen.
12. Gib das QIAprep-Säulchen in ein **frisches, steriles** 1 ml Eppendorfgefäß. Gib auf die Säule 50 µl **Puffer EB** (10 mM Tris-HCl, pH 8,5) **oder Wasser**
13. Warte 1 min. und zentrifugiere dann für 1 min.
14. Der Durchlauf enthält die Plasmid-DNA, die dann enzymatisch behandelt und auf einem Agarosegel analysiert werden kann.

DNA-Färbebad und eventuell eine Leuchtbank mit Licht der Wellenlänge 302 nm. Das Ergebnis ist ein Bild mit fluoreszierenden Banden im Agarosegel, die mit einer digitalen Kamera dokumentiert und sofort in einem multimediafähigen Computer bearbeitet werden können. Je nach Hydrolyse durch Restriktionsendonukleasen werden unterschiedliche Bandenmuster sichtbar.
Die Auflistung umfasst einige für Schulen noch weitgehend ungewöhnliche Ausrüstungsgegenstände. Außerdem ist dieses Experiment sehr abstrakt, „man sieht während der Arbeiten nichts". Erst im letzten Arbeitsschritt wird das Ergebnis sichtbar, das dann noch zu seinem Verständnis interpretiert werden muss. Das Experiment setzt auch manuelles Geschick voraus, da mit sehr kleinen Volumina gearbeitet wird, die nur mit automatischen Pipetten, nicht aber mit Glaspipetten zu handhaben sind. Für Unerfahrene mag diese Beschreibung kompliziert oder sogar abschreckend erscheinen. Tatsächlich kann aber das Experiment nach einer Einweisung in etwa 2 Unterrichtsstunden vollständig durchgeführt werden.
NUGI unterstützt den experimentellen Unterricht im Gymnasium mit der dort verfügbaren Ausrüstung (siehe auch Tab. 1), indem die Experimente vorgeführt und in Form eines Videoprotokolls im Intranet für Vor- und Nachbereitungen verfügbar gehalten werden. Zusätzlich werden im Intranet Daten und Ergebnisse der Experimente beispielhaft gezeigt, interpretiert und mit Verweisen auf weiterführende Informationen aus dem Internet oder den Printmedien versehen.
Als theoretischer Hintergrund werden für das Beispiel der Plasmidisolierung u. a. folgende Punkte besprochen:

- Charakteristika eines Plasmides und eines Vektors
- biologische Bedeutung von Funktionseinheiten des Vektors
- Größe des Plasmides und Abschätzung der Anzahl kodierender Gene
- Prinzipien einer Klonierungsstrategie
- Erläuterungen zu den Arbeitsschritten.

Alle diese Informationen werden im NUGI-Modul „Multimedia" gesammelt, es dient also als Informationssammelstelle (Info-Pool). Wie auch in anderen Bereichen des täglichen Lebens werden in unserem Projekt zu einem Thema wie der Plasmidisolierung häufig sehr ähnliche Fragen gestellt. Auch diese Fragen werden gesammelt und mit Antworten den Partnern im Intranet präsentiert.
Diese Anmerkungen treffen für fast alle molekularbiologisch-biochemischen Experimente zu. Sie sollen Schüler und Schülerinnen veranlassen ihre persönlichen Fähigkeiten in Bezug auf diese Art zu experimentieren und theoretische Interpretationen zu erstellen, abzugleichen. In der Folge sollten sie leichter eine fundierte Entscheidung für oder gegen eine molekularbiologische Berufsorientierung finden.

4 Ziele des NUGI-Konzeptes

Hier wird eine Auswahl an allgemeinen und schulbezogenen Zielen vorgestellt, die die Ausrichtung der NUGI-Initiative verdeutlichen.
1. NUGI möchte einen größeren Anteil der Mikrobiologie am gesamten Biologieunterricht erreichen. Die Mikrobiologie kommt im derzeit gültigen Curriculum im Vergleich zu ihrer ökologischen und ökonomischen Bedeutung entschieden zu kurz. Mikroorganismen wachsen auch schneller als Tiere und Pflanzen. Sie sind daher im Unterrichtszeitrahmen besser verwendbar. Außerdem ist das prokaryotische System einfacher als das eukaryotische, sodass an ihm biologische und biochemische Grundsätze leichter erarbeitet werden können. Aus diesen Gründen stellt ja auch die Mikrobiologie für weite Teile der heutigen Molekularbiologie und Biotechnologie die zentrale Methodik bereit. Einschränkend müssen aber für mikrobiologische Experimente eine Reihe einfacher Regeln erlernt und berücksichtigt werden.
2. NUGI möchte im Unterricht ein ausgewogeneres Verhältnis von Theorie zur Praxis schaffen. Naturwissenschaften beruhen auf Theorien und auf Experimenten um diese Theorien zu überprüfen. NUGI hilft daher bei der Beschaffung zeitgemäßer Ausrüstungen für die Partnerschulen. Erst dann sind anspruchsvollere Experimente überhaupt möglich und der Experimentator sowie unsere Umwelt erfahren den notwendigen Schutz.
3. NUGI bevorzugt eine Auswahl einfacher Themen, an denen biologische Prinzipien und zusätzlich einige Fakten herausgearbeitet werden. Die Darstellungen erfolgen multimedial im Intranet um eine möglichst schnelle Anpassung an neue Entwicklungen zu erzielen. Folglich werden alle wichtigen Daten zum NUGI-Projekt in einem für Partner

Tab. 1: Geräteauswahl für einen modernen Unterricht in Molekularbiologie und Biotechnologie am Beispiel des Gymnasiums Wiblingen
[1] S: Sicherheitsrelevante Ausstattung
#: wird zentral den Partnergymnasien zur Verfügung gestellt.

Priorität[1]	Gegenstand	Menge	Gesamt-Preis
	Agarose		400,00 DM
S	Autoklav	1	15.000,00 DM
	Inkubator + Schüttler	1	10.200,00 DM
	Eismaschine	1	2.000,00 DM
#	Elektroporator	1	3.000,00 DM
	Fertigmedien		800,00 DM
	Medienkomponenten		800,00 DM
	Microzentifuge	1	2.000,00 DM
S	Mini Gel Unit	2	1.000,00 DM
S	Polyacrylamidgelelektrophorese		200,00 DM
#	PCR-Gerät (hybraid)	1	6.000,00 DM
	Pipetten P10 (0,5–10 ml)	3	1.100,00 DM
	Pipetten 100 (20–100 ml)	3	900,00 DM
	Pipetten 1000 (0,2–1 ml)	3	900,00 DM
	Pipettenspitzen/Boxen+ Plastikverbrauchsmaterial		400,00 DM
	Plastikpetrischalen	600	120,00 DM
	Reagenzgläser, Erlenmeyer, Bechergläser		400,00 DM
	Sauerstoffmessgerät + Elektrode	1	1.500,00 DM
	Schottglasflaschen 100 ml	10	100,00 DM
	Schottglasflaschen 1L	10	100,00 DM
S	Sicherheitsgasbrenner (Bunsenbrenner)	2	1.600,00 DM
	Sicomatik-Sterilisator (+Heizplatte)	2	900,00 DM
#	Kamera, digital	1	2.000,00 DM
	Spannungsquelle	1	1.600,00 DM
	Spektralphotometer UV-vis	1	11.000,00 DM
	Thermoblock	1	2.000,00 DM
	Transilluminator	1	2.500,00 DM
	UV-taugliche Quarzglasküvetten	4	800,00 DM
	Wasserbad	1	2.000,00 DM
	Whirlmixer	1	400,00 DM
	Zentrifuge + Rotoreinsätze	1	7.000,00 DM
	Literatur		
	Römpp Lexikon Biotechnologie		300,00 DM
	Römpp Lexikon Umwelt		300,00 DM
	Lottspeich/Zorbas: Bioanalytik		150,00 DM
			78.670,00 DM

zugängigen Informationspool zusammengetragen; sie sind von dort auf Wunsch jederzeit abrufbar.

4. NUGI nutzt Experimente als Basis für die Vermittlung von Prinzipien und Fakten, an denen die modernen Theorien leichter nachvollzogen werden können. Um eine Schmalspurbiologie zu verhindern, werden Experimente aus vier Kompetenzbereichen angeboten: Molekularbiologie, Enzymatik/Biochemie, Biotechnologie und biotechnologische Ökologie.

5. NUGI möchte das Berufsbild des Biologen auf die zu erwartenden Zukunftsperspektiven einstellen. Alleine bakterielle Biofilme auf Zähnen (Karies) und an Gebäuden (Biokorrosion) [8], sowie der „Verderb" von Nahrungsmitteln verursachen in den Volkswirtschaften jährlich ökonomische Schäden in dreistelliger Milliardenhöhe. Um so unverständlicher, dass Biologen/Mikrobiologen in diesen Arbeitsgebieten im Vergleich zu Verfahrenstechnikern und Ingenieuren unterrepräsentiert erscheinen.

6. NUGI möchte eine Verantwortung für die Natur und die natürlichen Ressourcen vermitteln. Wer anders als wir Biologen und Biologinnen ist prädestiniert für die Wahrung unserer Lebensgrundlagen? Hier bietet sich eine Schärfung des Berufsbildes von Biologen und Biologinnen an. Die umweltverträgliche Nutzung der Biotechnologie bietet exzellente Möglichkeiten frische Farbe auf diesen Teil des Berufsbildes eines Biologen aufzutragen.

7. NUGI hofft nach einer ersten Aktivierungsphase im Projekt auf eine gewisse Eigendynamik in den kooperierenden Gymnasien. Es gibt bereits erste Anzeichen für die Entwicklung eigener, schulintern entwickelter Aktivitäten, die zu einer gewissen Hoffnung berechtigen.

8. NUGI setzt auf eine kontinuierliche Lehrerfortbildung um der These vom lebenslangen Lernen auch für unsere Fachkollegen in der Schule eine solide Basis zu verschaffen. NUGI geht sogar einen Schritt weiter, indem das Projekt Schüler und teilweise auch deren Eltern in diese Fortbildungsmaßnahmen mit einbezieht. So schlägt NUGI den Bogen von der Ausbildung zur Weiterbildung.

9. NUGI will die Unabhängigkeit der Partnergymnasien vom Projekt, von der Universität und von Sponsoren. Es wurden mehrere Maßnahmen ergriffen, die in diese Richtung führen: z. B. Anschaffung eigener Ausrüstungsgegenstände, die in der Schule verbleiben und dort jederzeit genutzt werden können, oder der eigenständige Kontakt mit eigener Kunden-Nummer zu unseren Lieferanten.

10. NUGI ist auf fächerübergreifenden Unterricht ausgelegt. Insbesondere eine Verbindung zur Chemie und zur Biophysik sind erwünscht. Organismen sind ohne Energieumwandlungen und biochemische Reaktionen nicht existent. Hier sollen daher auch einige chemisch-physikalische Grundkenntnisse vermittelt werden. Tatsächlich wurde bereits eine gemeinsame Unterrichtsreihe mit der Chemie durchgeführt.

11. NUGI möchte grundlegende Experimentierregeln vermitteln und zu einer quantifizierenden Biologie anhalten. Es muss für möglichst viele Biologen selbstverständlich werden, dass sie Voraussagen über biologische Prozesse auf Grundlage von Zahlen treffen können.

12. Experimente müssen quantifiziert werden. Der quantifizierende Umgang mit der Biologie kann die Auseinandersetzung mit dieser Disziplin sehr spannend werden lassen. Hier ein Beispiel für den abschätzenden Umgang mit Zahlen in der Biologie. Das *E. coli* Genom besteht aus $4{,}6 \times 10^6$ Basenpaaren [9, 10]. Wenn 10 Basenpaare einer periodischen Windung von 3,4 nm Länge entspricht, so ist das *E. coli* Genom $4{,}6 \times 10^6/10 = 4{,}6 \times 10^5$ Windungen x 3,4 nm = $15{,}6 \times 10^5$ nm = 1,56 mm lang. Die durchschnittliche Länge einer *E. coli* Zelle beträgt nur 1 bis 2 µm. Also muss das Genom als superhelikale Struktur in der Zelle vorliegen, weil es ca 1000-fach größer als das Bakterium ist. Wenn *E. coli* mit einer Verdopplungszeit von 20 min wächst und in dieser Zeit sein Genom in einem linearen Biosyntheseprozess repliziert, so müsste das Genom mit sehr hoher Umdrehungszahl entwunden werden: 46×10^4 Windungen/20 min = 23 000 U/min. Diese Rotationsgeschwindigkeit erscheint eher unwahrscheinlich für einen biologischen Prozess. Ein Vergleich aus der Technik zeigt: Automotoren drehen mit 3000 bis 5000 U/min, ein Rennwagen oder eine Zentrifuge mit 20 000 U/min.

13. Über NUGI sollen Schüler einen frühen und zwanglosen Kontakt zur Universität bekommen. Wenn es von den Gymnasiasten gewünscht wird, wird ihnen zusätzlich eine Orientierungshilfe (Beratungsgespräch, Probeaufenthalt in einem Labor) angeboten, die ihnen bei der Entscheidung für oder gegen ein Biologiestudium behilflich sein soll. In den vergangenen zwei Jahren wurde von Gymnasiasten schon zweimal diese Möglichkeit genutzt um ein längeres Probepraktikum in einem Universitätslabor zu absolvieren. Beide Gymnasiasten studieren heute Biologie.

5 Umsetzung des NUGI-Konzeptes

Derzeit sind im NUGI-Projekt zehn Gymnasien mit zusammen 7500 Schülern und 65 Biologiefachlehrern aus den Oberschulämtern Tübingen und Stuttgart vertreten. NUGI arbeitet aber grundsätzlich unabhängig von Oberschulamtsbereichen und Grenzen der Bundesländer.

Am Beispiel des Gymnasiums Wiblingen skizziere ich NUGIs Aktivitäten genauer. An diesem Gymnasium wurden von der Schul- und Fachleitung vor etwa vier Jahren einige mutige Entscheidungen getroffen, die das Gymnasium als Pilotobjekt für die Anfänge der NUGI-Idee öffneten. Besondere Anerkennung gebührt auch den Fachlehrern und -lehrerinnen, die diese Extratour/Mehrarbeit zum Curriculum mit Bravour bewältigten.

Bis zum Jahresende 1999 werden im Gymnasium Wiblingen Gerätschaften für experimentelles Arbeiten im Gesamtwert von über 100 000 DM investiert worden sein. Als Orientierungshilfe für Anschaffungen in anderen Gymnasien zeigt Tab. 1 eine Auswahl dieser Geräte, mit denen sicheres Experimentieren im Bereich Molekularbiologie/Biotechnologie ermöglicht wird. Einige dieser Geräte sind experiment-spezifisch, d. h. ihr Einsatz beschränkt sich auf ein oder wenige Experimente. Um deren Anschaffung dennoch ökonomisch vor den Sponsoren zu rechtfertigen, werden diese Ausrüstungen zentral für alle Partnergymnasien von der Universität zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden bestimmte Ausrüstungsgegenstände, wie ein Spektralphotometer, auch in anderen Fächern genutzt.

Diese Ausrüstung wurde ausschließlich durch Spenden von Sponsoren angeschafft, die durch private Initiativen für das NUGI-Projekt gewonnen werden konnten. Wichtige Geldgeber für das Gymnasium Wiblingen waren der Förderverein des Gymnasiums Wiblingen, die Firma Merckle ratiopharm, Ulm, der Bioregio Ulm Förderverein Biotechnologie und die Universität Ulm.

6 Diskussion zum NUGI-Konzept

Hier spreche ich in Thesenform zehn Punkte an, die im Zusammenhang mit meinem NUGI-Projekt immer wieder Anlass zu Debatten liefern. Zu meinen Antworten erwarte ich keine ungeteilte Zustimmung, im Gegenteil, konstruktive Kritik ist sogar willkommen. Aber ich verliere mich nicht in Diskussionen, sondern ich versuche für einen weiterentwickelten Biologieunterricht zu handeln.

1. *Das NUGI-Konzept ist nicht machbar.*

Zu Beginn unseres Projektes war diese skeptische Ansicht sehr häufig zu hören. Mit den sichtbaren Aktivitäten und ersten Erfolgen verstummen diese Äußerungen immer mehr. Auch wird den beteiligten Lehrerinnen und Lehrern immer häufiger der Nutzen meines Projektes für ihren eigenen Unterricht bewusst.

2. *Das NUGI-Konzept kann nicht für alle Gymnasien finanziert werden, die Kassen sind leer.*

Es ist grundsätzlich die Frage zu stellen, ob wirklich alle Gymnasien nach dem „Wiblinger Muster" ausgerüstet werden müssen, oder ob es besser ist, örtliche Schwerpunkte zu bilden. Derzeit erscheinen in einer Übergangsphase Schwerpunktbildungen notwendig zu sein, alleine schon um die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer erst für das Projekt und dann als spätere Multiplikatoren vorbereiten zu können. In manchen Orten ergeben sich durch die räumliche Nähe zueinander natürliche Kooperationsmöglichkeiten für Gymnasien, die auch durch NUGI als solche genutzt werden.

Dennoch sei hier eine ökonomische Betrachtung für das Bundesland Baden-Württemberg vorgestellt. Wenn alle 450 Gymnasien in BW mit Geräten im Wert von jeweils 100 000 DM ausgerüstet würden, dann müssten ca. 50 Mill. DM investiert werden. Verteilt auf fünf Jahre wären also jährlich ca. 10 Mill. DM bereitzustellen. Zum Vergleich: Der FC Bayern München schloss 1999 mit seinen drei Großsponsoren Opel, IBM und SAP Verträge über 40 Mill. DM ab [11]. Außerdem: Wenn durch eine Investition von 100 000 DM in ein Gymnasium nur ein „guter" Biologiestudent zur Universität kommt, bzw. ein nicht geeigneter vor Beginn seines Studiums zur Erkenntnis gelangt, dass dieses Studium nicht das richtige für ihn ist, so ist diese Investition im Vergleich zu den Kosten eines Biologiestudiums (ca 180 000 DM) [12], bestens ausgeglichen.

3. *Wie andere Fortbildungsmaßnahmen hat auch das NUGI-Konzept keine Nachhaltigkeit.*

Diese These ist bei der erst kurzen Laufzeit des Projektes noch nicht sicher zu entkräften. Da NUGI allerdings auf die Mitarbeit motivierter Lehrerinnen und Lehrer setzt, deren Rahmenbedingungen in den Gymnasien verbessert werden, darf ich davon ausgehen, dass diese Lehrkräfte die begonnenen Aktivitäten längere Zeit fortführen werden. Da auch NUGI über Jahre eine Zusammenarbeit mit seinen Partnergymnasien eingeht, sollte eine gewisse Verpflichtung und ein „Gewöhnungseffekt" ans Projekt zu erzielen sein. Schließlich wird durch die intensive, kontinuierliche Lehrerfortbildung deutlich das Selbstvertrauen der Lehrkräfte in ihre eigenen experimentellen und theoretischen Fähigkeiten im Bereich Molekularbiologie/Biotechnologie gestärkt, sodass eine früher für „unmöglich" gehaltene Maßnahme doch realisierbar wird.

Ein Beispiel: Für einige der beteiligten Lehrer und Lehrerinnen erschien es vor zwei Jahren noch „unmöglich", in ihrem Unterricht ein Plasmid zu isolieren. Heute ist es eine Selbstverständlichkeit, weil sie in der Zwischenzeit durch das NUGI-Projekt ausreichend eigene Erfahrungen sammeln konnten.

4. *NUGIs Themen liegen außerhalb des Curriculums. Wir haben keine Zeit für Extratouren; das Curriculum setzt uns für solche Ausflüge zu enge Zeitgrenzen.*

Dieser Einwand ist teilweise nachvollziehbar. Tatsächlich sind nicht alle NUGI-Aktivitäten mit dem derzeitigen Curriculum voll kompatibel. NUGIs Themen stammen aber aus Bereichen, die auch in heutigen Lehrplänen vorgesehen sind, wenn auch mit anderer Gewichtung. An dieser Stelle sei eine Zeitanalyse erlaubt. Wenn eine Lehrkraft bei der Umsetzung eines Experimentes hilft und dieses Experiment später Kollegen zur Verfügung stellt, so bekommt sie bei 20 gleichgesinnten Kollegen 19 Experimente mit den notwendigen Zusatzinformationen in ausgearbeiteter, unterrichtsverwertbarer Form zur Kompensation des eigenen Zeitaufwandes zurückerstattet.

5. *NUGIs Lernstoff setzt nicht vorhandene Kenntnisse voraus; „die Schüler sind noch nicht so weit um den Lernstoff wirklich verstehen zu können".*

NUGI bemüht sich um einen didaktisch sinnvollen Aufbau der experimentellen Reihe über die verschiedenen Altersstufen hinweg. Dennoch vertrete ich die Meinung, dass bei der Vermittlung eines Lernstoffes nicht bei dessen frühen Anfängen begonnen werden muss. Dazu zwei Beispiele:

Erstes Beispiel: Wenn ich auf eine verwertbare Biologie im Bereich Molekularbiologie/Biotechnologie setze, dann sollte eine Beschäftigung mit *Mendel*schen Befunden eingeschränkt werden, um den schulischen Zeitrahmen zu entlasten. Um Molekularbiologie und deren praktische Umsetzung in der Biotechnologie zu betreiben, setzte ich zunächst einige „Kenntnisse" voraus, zu denen die *Mendel*schen Gesetze nicht unbedingt zu zählen sind. Wichtige Voraussetzungen und historische Gegebenheiten können aber bei Bedarf jederzeit auf den NUGI-Intranetseiten eingestellt, eingesehen und nachgearbeitet werden. Ein solches Vorgehen entspricht im Ansatz unserer täglichen Praxis. In der Regel fahren wir Auto, ohne ein Maschinenbaustudium absolviert zu haben, nutzen einen Computer ohne Studium der Informatik und Elektrotechnik. Diese Vorgehensweise schließt selbstverständlich nicht aus, dass die Kenntnis der historischen Entwicklungen durchaus förderlich für den Lernprozess sein kann.

Ein weiteres Beispiel: Die Auseinandersetzung mit dem *Hershey-Chase*-Experiment [13] zur rein theoretischen Klärung der Frage, ob DNA oder Protein der Informationsspeicher in der Zelle sei, erscheint mir als pure Zeitverschwendung. Das *Hershey-Chase*-Experiment wird wegen berechtigter Sicherheitsbedenken, immerhin handelt es sich um einen Versuch mit Radioisotopen, kaum in den Gymnasien ausgeführt werden dürfen.

NUGI dagegen setzt die DNA als Informationsspeicher voraus, erklärt dann den Aufbau eines Vektors und führt ein Transformationsexperiment mit einem Vektor durch (siehe auch Punkt 7). Die Auswertung dieses Experimentes weist die DNA ebenfalls als Informationsspeicher aus. Zusätzlich bekommen die Lernenden wertvolle Hinweise für weitere Prinzipien der Molekularbiologie, die mit dem *Hershey-Chase*-Experiment nicht zu vermitteln wären. So ersetzt NUGI reines Theoretisieren durch eigene praktische Erfahrungen der Lernenden. Bisher reagieren die Schüler und Schülerinnen positiv auf solche NUGI-Initiativen.

6. *Einerseits ist die Motivation der Schüler und Schülerinnen schlecht, andererseits sollten sie nicht als frühreife Studenten behandelt werden.*

Ich bin immer wieder überrascht, wie interessiert manche Schüler und Schülerinnen auf die Angebote im NUGI-Projekt reagieren. Natürlich akzeptiere ich, dass einige Schüler und Schülerinnen nicht an dieser Art der Biologie interessiert sind. Aber NUGI fördert jene, die aufgeschlossen dem Lernstoff gegenüber stehen. Schüler und Schülerinnen mit indifferenter Einstellung zum Unterricht versucht NUGI durch eine schülergerechte Form des Angebotes zu motivieren. Hier sieht NUGI eine seiner größten didaktischen Herausforderungen. Dabei erscheint es mir generell wichtig eine praktische Tätigkeit anzubieten, die zu weiterem Experimentieren und zur geistigen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen anregt. Ich hoffe so auf informiertere Schüler und Schülerinnen, die auf Grundlage eigener, wenn auch noch geringer Erfahrungen mit gentechnischen Methoden bereits sicherer als zum jetzigen Zeitpunkt an der Diskussion über Gentechnik teilnehmen können. Eine solche Thematik will ich nicht für Studenten reservieren, da nach meinen Erfahrungen durchaus auch Schüler und Schülerinnen sie bewältigen können.

7. *NUGI führt gefährliche Experimente ins Gymnasium ein.*

Experimente, die unter das Gentechnikgesetz fallen, sind durch NUGI bisher in den Gymnasien noch nicht durchgeführt worden. Selbstverständlich werden die gesetzlichen Vorgaben beachtet.

8. *Es werden durch das NUGI-Projekt Abhängigkeiten der Gymnasien zur Universität und zu Sponsoren aufgebaut.*

Das Gegenteil ist der Fall. Maßnahmen, wie die praktische Fortbildung in modernen Verfahren der Literatursuche, eigene Ausrüstungen in den Gymnasien und eigenständige Kontakte zu Lieferfirmen bedeuten sofortige Unabhängigkeit vom NUGI-Projekt. Einzig in der experimentellen Einführungsphase kann eine engere Betreuung durch NUGI erforderlich sein. Als seine Sponsoren akzeptiert NUGI nur solche Firmen, die ihre finanzielle Unterstützung spenden ohne eine Verpflichtung für die Gymnasien damit zu verknüpfen. Umgekehrt geht NUGI eine Verpflichtung seinen Sponsoren gegenüber ein, indem eine wirtschaftlich optimierte Anschaffung bzw. Nutzung der Geräte garantiert wird.

9. *Berufsaussichten für Biologen sind schlecht. Warum also der ganze Aufwand?*

Vermutlich wird nur durch Aktivitäten und nicht durch Verharren in herkömmlichen Strukturen eine Verbesserung der Berufsaussichten für die Zukunft zu erwarten sein. Möglichst vielen Biologen sollte klar werden, dass ganze Berufszweige auf biologischen Gegebenheiten basieren. Verwunderlich nur, dass aus dieser Tatsache nicht häufiger Berufsperspektiven abgeleitet werden. Neue Techniken, wie sie auch im NUGI-Projekt zum Einsatz kommen, lassen aber zusätzlich neue Perspektiven erwarten. Allerdings müssen wir bereit sein, um diese Arbeitsplätze mit anderen, ebenfalls kompetenten Berufsgruppen in Wettbewerb zu treten. NUGI möchte eine Hilfestellung in diesem Wettbewerb geben.

10. *Wie soll der Erfolg oder Misserfolg des NUGI-Projektes gemessen werden? Wäre es nicht einfacher, ein BioTechmobil einzusetzen um die Akzeptanz für die Gentechnik zu verbessern?*

Für Nugi ist es bereits ein Erfolg, dass durch seine Aktivitäten schon heute in mehreren seiner Partnergymnasien eine Änderung im Biologieunterricht eingetreten ist. Ich halte es für nicht gerechtfertigt den Erfolg des Projektes an der Anzahl Studienanfänger in Biologie zu messen.

Ein BioTech-mobil [14] ist im Gegensatz zur NUGI-Initiative eine Kurzveranstaltung, deren Nachhaltigkeit im Vergleich zu den langfristig angelegten NUGI-Aktivitäten zu ermitteln wäre. Zu den Kosten, die ein BioTechmobil in einer Woche verursacht, könnte NUGI mindestens sechs Jahre lang einmal jährlich eine zielgruppenspezifische, einwöchentliche Fortbildung in der Universität veranstalten. Diese Fortbildung könnte von Schülern als echte Orientierungs- und intensive Informationsphase für eine berufliche Entscheidung genutzt werden.

Literatur und Informationen aus dem Internet

[1] *Schitag Ernst & Young*: Erster Deutscher Biotechnologie Report, Aufbruchstimmung 1998. Schitag Ernst & Young, Stuttgart (1998). Schitag Ernst & Young Unternehmensberatung GmbH, Mittlerer Pfad 15, D-70499 Stuttgart, Fax: 0711–9885186 oder im Internet unter der URL http://www.sey.de

[2] Weitere Informationen zu NUGI finden Sie auch im Internet unter http://www.bioregioulm.de/nugi/

[3] TheoPrax ist vertreten unter http://www.theo-prax.de/

[4] Kooperationsnetz Industrie-Schule ist zu finden unter http://www.nrw2000.de/KIS/

[5] Der Erlanger Experimentierkoffer zur Gentechnik wird beschrieben unter http://www.biologie.uni-erlangen.de/mibi/schule/angebot.html

[6] Das Plasmid pUC18 könnte bezogen werden unter der Bestellnummer DSMZ 3424 von Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, Mascheroder Weg 1b, D-38124 Braunschweig, Tel.: 0531–26160, Fax: 0531-2616-418. Erläuterungen zum Plasmid und eine Darstellung seiner Genkarte sind zu finden unter http://phage.atcc.org/hilights/vectors.html

[7] QIAGEN GmbH, Max-Volmer-Strße 4, D-40724 Hilden, Tel: 02103–892-240, Fax: 02103–892-222. Informationen zum Isolierungskit unter http://www.qiagen.com/catalog/chapter_07/chap7e1.asp

[8] *Brill, H.* (Hrsg) Mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz. Schädigungsmechanismen und Schutzmaßnahmen. G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart (1995)

[9] *Blattner, FR*, et al.: The complete genome sequence of *Escherichia coli* K-12. Science 277 (1997) S. 1453–1474

[10] Internetinformation zu *E. coli* z. B. unter der URL http://sun1.bham.ac.uk/bcm4ght6/dat.html oder: http://www.sciencenet.com.au/frames/profiles/negative/families/enteroba/family.htm

[11] *Eberle, M*: Die Sprengmeister arbeiten nicht nur an Rekorden. Handelsblatt Nr. 225 vom 19./20.11.1999, Seite 57

[12] Abschätzung der Kosten auf Grund einer persönlichen Mitteilung von *A. Ullrich*, Statistisches Landesamt Baden Württemberg, Stuttgart: Bei Gesamtkosten von 160 Mill. DM/Jahr und ca. 5400 Biologiestudenten in BW ergeben sich ca. 30 000 DM pro Jahr und Biologiestudent. Bei einer durchschnittlichen Dauer des Biologiestudiums von 12 Semestern = 6 Jahren also 180 000 DM/Biologiestudienplatz.

[13] Informationen zum Hershey-Chase-Experiment: http://about.ferris.edu/htmls/academics/course.offerings/physbo/biology/courses/biol470/lecture4/sld003.htm

[14] Informationen zum BioTech-mobil der bayerischen Staatsregierung gibt es unter http://www.biotechmobil.de/

Anschrift des Autors:

Dr. *Erhard Stupperich*, Mikrobiologie und Biotechnologie, Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm,
e-mail: erhard.stupperich@biologie.uni-ulm.de