



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“

AUF DEM WEG INS NEUE LABOR

**EVALUATION DES MIKROBIOLOGIELABORS DER HTL FÜR
LEBENSMITTEL- UND BIOTECHNOLOGIE WELS ALS BASIS FÜR
DIE WEITERENTWICKLUNG**

ID 1340

DIⁱⁿ Barbara Blauensteiner-Tomandl

HTL für Lebensmitteltechnologie des Landes Österreich

Wels, 15.5.2009

Herzlichen Dank an DIⁱⁿ Ursula Führer, die mir in der Entwicklungsphase mit Rat und Tat zur Seite stand.

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.2 Ausbildung	5
1.3 Mikrobiologie in beiden Ausbildungszweigen.....	5
1.3.1 Rahmenlehrpläne.....	6
1.4 Rahmenbedingungen.....	7
1.5 Aufgabenstellung	7
2 ZIELE	8
2.1 Ziele	8
2.2 Geplante Vorgangsweise	8
3 DURCHFÜHRUNG/METHODEN	10
3.1 Evaluierung des Grundlagenlabors.....	10
3.1.1 Evaluierung des laufenden Grundlagenlabors 2008/2009	10
3.1.2 Wissensbefragung über Keimzahlbestimmungsmethoden	11
3.1.3 Evaluierung des Grundlagenlabors 3.Klasse 2007/2008	12
3.1.4 Evaluierung Grundlagenlabor 3. Klasse 2006/2007	13
3.2 Evaluierung des Mikrobiologielabors II für die Biotechnologie	15
3.3 Sammlung von Beispielen für das Grundlagenlabor als auch das darauf aufbauende Labor.....	16
3.4 Entwicklung einer neuen gemeinsamen Struktur	17
4 ERGEBNISSE	18
4.1 Evaluierung Grundlagenlabor	18
4.1.1 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2008/2009	18
4.1.2 Ergebnisse der Wissensbefragung über Keimzahlbestimmungsmethoden ...	19
4.1.3 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2007/2008	20
4.1.4 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2006/2007	20
4.1.5 Zusammenfassende Rückmeldungen aus den Grundlagenlabors 2006/2007 und 2007/2008	21
4.2 Ergebnisse der Evaluierung des Mikrobiologielabors II 2007/2008.....	24
4.3 Sammlung der Beispiele	26
4.3.1 Sammlung von Beispielen für das Grundlagenlabor	26

4.3.2	Sammlung von Beispielen für das Mikrobiologielabor II.....	27
4.4	Mögliche gemeinsame Struktur.....	28
5	DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK.....	29
5.1	Auswirkungen auf die Gestaltung der Laborarbeit an der HTL f. Lebensmitteltechnologie, Wels	29
5.2	„Mikrobiologie für Anfänger“	31
6	LITERATUR.....	32
7	ANHANG	33
7.1	Anhang 1.....	33
7.2	Anhang 2.....	34
7.3	Anhang 3.....	35
7.4	Anhang 4.....	37
7.5	Anhang 5.....	39
7.6	Anhang 6.....	42
7.7	Anhang 7.....	44
7.8	Anhang 8.....	46
7.9	Anhang 9.....	48

ABSTRACT

An der HTL für Lebensmitteltechnologie in Wels wurde im Zuge eines Umbaus auch das Mikrobiologielabor neu gestaltet. Ein wichtiger Fokus dieses Projekts war daher, die Abläufe, Übungen und Lerninhalte im bestehenden Laborbetrieb zu analysieren.

Eingesetzt wurden dafür Befragungen von SchülerInnen sowie Gespräche mit Lehrpersonen. Diese brachten wertvolle Impulse für die bessere Strukturierung und Optimierung der Abläufe im Labor. Deutlich wurde auch, welche weiteren Maßnahmen noch nötig sind um die Standards und die Ausstattung des neuen Labors so zu gestalten, damit ein guter Unterricht möglich ist. Im Laufe des Projekts gab es viele wertvolle Inputs, die es möglich machten ein neues Unterrichtssetting zu entwickeln.

Schulstufe: 11. und 12. Schulstufe

Fächer: Mikrobiologie

Kontaktperson: DI Barbara Blauensteiner-Tomandl

Kontaktadresse: HTL. f. Lebensmitteltechnologie, Carl Blum Straße 4, 4600 Wels

E-Mailadresse: *b.blauensteiner@htlmt.at*

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Seit einem Jahr wird die seit 90 Jahren bestehende HTL für Lebensmitteltechnologie – die einzige ihrer Art in Österreich – umgebaut. Ein Schwerpunkt ist dabei die Neu-einrichtung der Labors.

Geplant ist, dass dieses Labors am Anfang des Schuljahrs 2009/2010 in Betrieb genommen werden. Das jetzige Labor ist sehr klein, es gibt kaum Bewegungsfreiheit für LehrerInnen und SchülerInnen. Eine Grundausstattung ist zwar zum Teil vorhanden, aber sie ist nicht ausreichend für alle geplanten Arbeits- und Testmethoden.

Vor Inbetriebnahme des Labors soll gemeinsam mit den KollegInnen überlegt werden, wie das neue Labor optimal genutzt werden kann. Dabei sollen auch die bisherigen Abläufe analysiert werden, vor allem in Bezug auf die konkrete Umsetzung des Unterrichts sowie die Überprüfung des Wissens.

1.2 Ausbildung

An der HTL für Lebensmittel- und Biotechnologie existieren seit dem Schuljahr 2005/2006 zwei Ausbildungszweige. Klassisch werden an unserer Schule LebensmitteltechnologInnen mit dem Schwerpunkt „Getreidetechnologie“ ausgebildet. Seit 2005/2006 existiert ein zusätzlicher Ausbildungszweig – „Lebensmitteltechnologie“ mit dem Schwerpunkt „Biotechnologie“.

In den ersten beiden Jahren durchlaufen alle SchülerInnen dieselbe Ausbildung. Fachliche Schwerpunkte in der naturwissenschaftlich technischen Ausbildung sind: Chemie, Verfahrenstechnik, Mühle, Werkstätte und Werkstättenlaboratorium.

Im dritten Jahr können die SchülerInnen zwischen beiden Ausbildungszweigen wählen. Diese beiden Zweige unterscheiden sich in ihren naturwissenschaftlich-technischen Schwerpunkten.

Die GetreidetechnologInnen werden in den Fächern Werkstätte und Werkstättenlaboratorium, Lebensmitteltechnologie, vermehrt Chemie und weniger Mikrobiologie unterrichtet.

Die BiotechnologInnen werden in den Fächern Bioverfahrenstechnik, Mikrobiologie, biotechnologischem Werkstättenlaboratorium und vermehrt mikrobiologisches Labor unterrichtet.

[Studentafel: Anhang 1]

1.3 Mikrobiologie in beiden Ausbildungszweigen

Die mikrobiologische Ausbildung deckt sich in beiden Ausbildungszweigen zum Teil (Lehrplan siehe Punkt 1.3.1. unten). Das Mikrobiologielabor startet bei den „GetreidetechnologInnen“ im 4. Jahrgang, bei den „BiotechnologInnen“ im 3. Jahrgang. Das 1. Jahr im mikrobiologischen Labor wird in beiden Zweigen sehr ähnlich gestaltet. Im 2. Jahr werden die LebensmitteltechnologInnen im lebensmittelorientierten Bereich unterrichtet, für sie endet die praktische mikrobiologische Ausbildung nach diesem

Jahr. Die BiotechnologInnen gehen im 2. und 3. Jahr mehr in die Tiefe und führen auch Übungen aus dem Bereich „Gentechnik“ durch.

Für das Grundlagenlabor in beiden Ausbildungszweigen existiert einiges an Unterrichtsmaterial, das von den verschiedensten Lehrpersonen erarbeitet wurde, und auch bereits viele Beispiele, die im Laufe der letzten Jahre durchgeführt worden sind.

Das Mikrobiologielabor II für die BiotechnologInnen im 4. Jahrgang wurde aufgrund des Starts unseres neuen Ausbildungszweiges erst zum zweiten Mal durchgeführt.

Der Rahmenlehrplan für diesen Unterrichtsgegenstand ist sehr mager, deckt sich zum Teil mit den Lehrinhalten in Bioverfahrenstechnik und war bisher zum Teil nicht durchführbar (z.B. praktische Übungen in Reinraumtechnik), weil die erforderlichen Geräte nicht vorhanden waren.

Die Inhalte der bisher abgehaltenen Übungen ergaben sich aus der Kombination der Faktoren „Durchführbarkeit“, „Ausstattung“ und „theoretischem Wissen“ der Schülerinnen.

Das Mikrobiologielabor III für die BiotechnologInnen wurde nicht in die Evaluation miteinbezogen, da der Unterricht dieses Jahr von einer anderen Lehrpersonen abgehalten worden ist und SchülerInnen, die dieses Labor bereits absolvierten nicht mehr befragt werden konnten, weil sie die Schule schon verlassen haben.

1.3.1 Rahmenlehrpläne

1.3.1.1 Rahmenlehrplan 3. Jahrgang Biotechnologie

Mikroskopische und makroskopische Untersuchungen:

Färbetechniken zur mikroskopischen Untersuchung von Mikroorganismen, Präparationstechniken zur Untersuchung mehrzelliger Lebewesen, z.B. Schadinsekten in Lebensmittel und Rohstoffe

Mikrobiologische Arbeitsmethoden:

Herstellen von Nährböden, Sterilisations- und Entkeimungstechniken, Übertragung von Mikroorganismen auf Nährböden, Abnahme von Proben zur mikrobiologischen Untersuchung z.B. aus Betriebseinrichtungen, Anreicherungs- und Reinzuchtverfahren, Keimzahlbestimmung, Fermentationsverfahren im Labormaßstab.

1.3.1.2 Rahmenlehrplan 4. Jahrgang Biotechnologie

Mikrobiologische Arbeitsmethoden und physiologische Untersuchungsverfahren:

Differenzierung und Identifizierung von Mikroorganismen an Hand morphologischer und physiologischer Kriterien, herkömmliche und Schnellmethoden zur physiologischen Differenzierung, Einflüsse von Desinfektions- und Konservierungsmitteln auf das Wachstum von Mikroorganismen, Wachstumsparameter und -dynamik von Mikroorganismenkulturen, Grundbegriffe und einführende Übungen in die Reinraumtechnik.

1.3.1.3 Rahmenlehrplan 5. Jahrgang Biotechnologie

Mikrobiologische Arbeitsmethoden und gentechnische Untersuchungsverfahren:

Arbeiten im Reinraumlabor, Übertragung von genetischen Merkmalen (z.B. durch Plasmide), Umgang mit und Entsorgung von rekombinanten Mikroorganismen, DNS Analytik im Reinraumlabor, DNS Abbau mit Restriktionsenzymen, Gel-

Elektrophorese von Nukleinsäuren, Auffinden von Markergenen, Untersuchung von Lebensmittelproben auf Kontamination mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO).

1.3.1.4 Rahmenlehrplan 4. und 5. Jahrgang Lebensmitteltechnologie

Mikroskopische und makroskopische Untersuchungen:

Anfärben und Anfertigen von pflanzlichen und tierischen Ein- und Mehrzellern. Präparationstechniken.

Mikrobiologische Arbeitsmethoden:

Mikrobiologische Präparationen. Wachstum auf verschiedenen Nährmedien. Sterilisation und Entkeimung. Anreicherungs- und Reinzuchtverfahren. Keimzahlbestimmung und Identifizierung. Untersuchung von Betriebseinrichtungen.

Physiologische Untersuchungsverfahren:

Unterscheidungskriterien und Bestimmungsverfahren. Keimschädigende Einflüsse. Chemische Einflüsse auf Ein- und Mehrzeller. Ermitteln von Wachstumsparametern der Mikroorganismen. Fermentationsverfahren.

1.4 Rahmenbedingungen

Bisher wurde auf maximal sechs Arbeitsplätzen in zweier Gruppen gearbeitet. Die Arbeitsplatzsituation war oft sehr beengt.

Es gab keine Nährbodenküche, noch Sterilwerkbänke.

Eine Laboreinheit (=5 Stunden Block) wurde so abgehalten, dass ein Thema mit den SchülerInnen in der Einheit besprochen oder aktiv aus Lehrbüchern erarbeitet wurde. Anschließend wurde es nach einer Arbeitsanleitung oder der vorhergehenden Ausarbeitung in 2er Gruppen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2 Tage später mit der/die LehrerIn in der Auswertestunde diskutiert und bewertet.

Die Beurteilung der SchülerInnen erfolgte bisher nach Mitarbeit und Laborprotokollen.

1.5 Aufgabenstellung

Um gut in das neue Mikrobiologielabor starten zu können, sollen im Laufe des Projekts die SchülerInnen und die LehrerInnen zu der Istsituation im Mikrobiologielabor befragt werden.

Es sollen die Übungsinhalte und auch die Übungsabläufe in Bezug auf Erreichen der Lehrziele, Durchführbarkeit, Interesse, erworbenes Können und Verbesserungen evaluiert werden. Es soll eine Auswahl an Übungen getroffen werden, die alle Aspekte abdecken kann.

Basierend auf dieser Befragung soll ein Konzept entwickelt werden, wie der Unterricht neu strukturiert werden könnte, um die Ausbildungsziele besser zu erreichen und die SchülerInnen individueller fördern zu können.

2 ZIELE

2.1 Ziele

- Analyse des Ist-Zustands der Ausstattung des Labors
- Analyse der derzeitigen Abläufe auch in bezug auf die Inhalte der Rahmenlehrpläne
- Darauf aufbauend: Festlegen von Mindeststandards für die Ausstattung jedes Arbeitsplatzes
- Erstellung einer Sammelmappe mit Übungsbeispielen zu den einzelnen Themen des Rahmenlehrplans
- Schrittweise Entwicklung von Konzepten zur optimalen Strukturierung der Lehrinhalte sowie zur Analyse der Lernerfolge
- Entwickeln eines alternativen Unterrichtssettings

2.2 Geplante Vorgangsweise

Bis Ende Dezember: Sammeln aller vorhandenen mikrobiologischen Übungsbeispiele von allen LehrerInnen.

Bis Ende Jänner: Analyse des Ist-Zustands der Ausstattung des Labors sowie der konkreten Abläufe

- Mit SchülerInnen gemeinsam Fragestellungen für Evaluierungsbögen erarbeiten – dabei sollen auch positive und negative Wahrnehmungen sowie Erfahrungen der SchülerInnen einfließen können
- Durchführung der Evaluierung
- Auswertung der Bögen

Bis Semesterende: Erstellung einer Sammelmappe mit Übungsbeispielen zu den einzelnen Themen des Rahmenlehrplans

- Gespräche mit den LehrerInnen:
 - ✓ Gemeinsame Durchsicht vorhandener Übungsbeispiele
 - ✓ Evaluierung bisheriger Erfolge und Misserfolge
 - ✓ Durchsicht der Ergebnisse der Analysen der SchülerInnen
 - ✓ Festlegen von zu ergänzenden Inhalten inkl. Zeitplan der Umsetzung
 - ✓ Festhalten der nötigen Grundausstattung des Labors und Koordinationierung mit dem Kustos

- ✓ Festlegen eines Nachfolgetreffens zur Durchsicht der neuen Inhalte und einsortieren in eine gemeinsam festgelegte inhaltliche Struktur

Bis Mai:

- Weitere Gespräche mit den LehrerInnen:
 - ✓ Schrittweise Entwicklung einer neuen Struktur für die Umsetzung der Übungsbeispiele
 - ✓ Einbeziehen der Evaluierung und Wünsche der SchülerInnen
 - ✓ Vorbereitung der Abstimmung der neuen Struktur mit den SchülerInnen

Am Schulbeginn 2009/2010:

- Information für SchülerInnen mit Präsentation der Sammelmappe und der neuen Vorgangsweise der Umsetzung der Übungsbeispiele
- Feierliche Eröffnung der neuen Laborräume

3 DURCHFÜHRUNG/METHODEN

3.1 Evaluierung des Grundlagenlabors

Hier wurden verschiedene Jahrgänge befragt, sowohl SchülerInnen die dieses Labor gerade eben durchführen, als auch SchülerInnen die dieses Labor bereits abgeschlossen hatten. Auch die Lehrpersonen wurden in diese Evaluierung miteinbezogen.

- (1) Im ersten Teil wurden die Schüler und Schülerinnen des Grundlagenlabors des laufenden Schuljahres befragt. Hier wurde keine Differenzierung zwischen Lebensmittel- und BiotechnologInnen vorgenommen.
- (2) Im zweiten Teil wurden die älteren Jahrgänge der BiotechnologInnen zu dem Grundlagenlabor befragt. Die Übungen wurden von den SchülerInnen im Schuljahr 2007/2008 bzw. im Schuljahr 2006/2005 durchgeführt. Die Inhalte der Fragebögen unterschieden sich bei diesen beiden Jahrgängen nur unwesentlich. Die Übungsinhalte der einzelnen Jahrgänge waren geringfügig verschieden.
- (3) Des Weiteren wurden von allen Lehrpersonen, die im Lauf der letzten Jahre durchgeführten Übungsbeispiele gesammelt, und ihr didaktischer Wert im Gespräch analysiert.

3.1.1 Evaluierung des laufenden Grundlagenlabors 2008/2009

Die Fragebögen waren nach dem unten angeführten Beispiel aufgebaut:

Übungsbeispiel: Einführung in die Mikroskopie, Herstellung eines Heuaufgusses, mikroskopieren verschiedenster Präparate

Lerninhalte/Arbeitstechniken: Inbetriebnehmen eines Mikroskops, Herstellen eines scharfen Bildes im Hellfeld, im Dunkelfeld und im Phasenkontrast, Erkennen von Protozoen, von Hefen und Bakterien im Mikroskop

1. Die Arbeitsanleitung war verständlich

gut verständliche ausreichend verständlich wenig verständlich unverständlich

Verbessert werden könnte:

2. Wie schätzt du den Lerneffekt dieses Beispiels ein?

sehr gut gut ausreichend wenig überhaupt nicht

3. Das Beispiel war interessant, weil.....

4. Das Beispiel war motivierend, weil.....

5. Ich glaube, dass das Beispiel für die Praxis nützlich ist weil.....

6. Bei welchen der oben angeführten Arbeitstechniken (Lerninhalte) fühle ich mich sicher

7. Folgende Arbeitsabläufe im Labor sollen verbessert werden.....

8. Was ich noch sagen möchte

Folgende Übungsbeispiele wurden gemäß obigem Beispiel evaluiert.

	Thema	Lerninhalte/Arbeitstechniken
Beispiel 1	Einführung in die Mikroskopie, Herstellung eines Heuaufgusses, mikroskopieren verschiedenster Präparate	Inbetriebnehmen eines Mikroskops, Herstellen eines scharfen Bildes im Hellfeld, im Dunkelfeld und im Phasenkontrast, Erkennen von Protozoen, von Hefen und Bakterien im Mikroskop
Beispiel 2	Herstellen von verschiedenen Nährböden und beimpfen mit einer Probe eigener Wahl	Autoklavieren, Nährboden herstellen, Kennenlernen eines Nährbodens für Bakterien, Schimmelpilze und Hefen und Enteobacteriaceae, Handhabung eines Abstrichtupfers Grundlagen des sterilen Arbeitens
Beispiel 3	Mikroskopieren verschiedener Stärkearten, Färbung eines Nasspräparates, Nasspräparat einer Zwiebschuppenepidermis, Plasmolyse und Deplasmolyse, Protozoen	Aufbau der pflanzlichen Zelle, Effekt der Plasmolyse und Deplasmolyse, Erkennen verschiedener Stärken, Herstellen eines Nasspräparates, Herstellung eines gefärbten Nasspräparates
Beispiel 4	Bestimmung der Lebendzellzahl und der Gesamtzellzahl von Hefe	Verdünnungsreihe, Koch'sches Plattengussverfahren, Thomakammer, Kennenlernen der Eppendorfpipette, Berechnung der Gesamtkeimzahl, Berechnung der Lebendzellzahl (KbE) Grundlagen des sterilen Arbeitens
Beispiel 5	Bestimmung der KbE (Kolonie bildende Einheiten) mit Spatelverfahren, Tropfplattenverfahren	Spatelverfahren, Tropfplattenverfahren, Drigalskyspatel, Wiederholung Verdünnungsreihe, Berechnung der KbE
Beispiel 6	Bestimmung der Keimzahl mittels MPN-Verfahren	Wiederholung Gesamtkeimzahl Thomakammer, MPN-Verfahren, Ermittlung der Gesamtkeimzahl mit MPN-Verfahren, Aktivitätsfärbung von Hefe

3.1.2 Wissensbefragung über Keimzahlbestimmungsmethoden

Nachdem im Grundlagenlabor alle Grundtechniken der Keimzahlbestimmung erlernt worden sind, ist an die SchülerInnen ein Fragebogen ausgegeben worden, in dem sie in Stichworten die Durchführung jeder Methode in zeitlicher Abfolge erklären sollten. Diese Abfrage erfolgte ohne Vorankündigung.

In einem zweiten Teil war eine Auswertung nach dem MPN-Verfahren durchzuführen.

Anmerkung: Beim MPN-Verfahren handelt es sich um ein statisches Verfahren zur Keimzahlbestimmung

Die Teilnahme der SchülerInnen an dieser Wissensbefragung erfolgte freiwillig und anonym.

3.1.3 Evaluierung des Grundlagenlabors 3.Klasse 2007/2008

Von den befragten SchülerInnen wurde das Labor im vergangenen Schuljahr durchgeführt. Sie konnten das Grundlagenlabor bereits mit einer gewissen Distanz betrachten.

Die Fragebögen waren nach dem unten angeführten Beispiel aufgebaut.

 Übungsbeispiel:

Einführung in die Mikroskopie (Zwiebelzelle, Euglena, Stärkekörner, Hefe,...)

Lehrziele: Herstellen von Flüssigpräparaten, Handhabung des Mikroskops, einfache Färbung

1. Wenn du dich an das Beispiel erinnern kannst:

a) Gibt es etwas woran du dich besonders gut erinnerst ?

b) Wenn du dieses Beispiel wieder durchführen müsstest:

wäre es kein Problem für dich

würdest du ein Arbeitsbuch (z.B. Baumgart, Bast) benötigen

wäre es dir ohne ordentlich geschriebenem Laborprotokoll nicht möglich

c) Glaubst du, dass dieses Beispiel für dich nützlich sein kann

Ja eher schon eher nicht wenig

d) War das Beispiel für dich interessant

Ja eher schon eher nicht wenig

2. Würdest du von dir sagen dass du, die unter Lehrziele angeführten, Methoden und Techniken ausreichend beherrscht ?

Ja eher schon eher nicht wenig

3. Was könnte dir helfen dass dir dieses Beispiel/diese Methoden länger und besser in Erinnerung bleiben ? (z.B. Unterlagen auf die immer wieder zurückgegriffen werden können.....)

 Es wurde folgende Übungsbeispiele evaluiert:

	Thema	Lehrziele
Beispiel 1	Verschiedene Nährböden herstellen (Nähragar, Malzextraktagar, Endoagar) und mit Proben eigener Wahl beimpfen	Herstellen von Nährmedien, Autoklavieren, Mikroskopieren (1000fach)
Beispiel 2	Bestimmung der Lebend- und Gesamtzellzahl in 1 g Hefe. Bestimmung der Aktivität von Hefezellen mit Aktivitätsfärbung	Koch'sches Plattengussverfahren, Thomakammer, Verdünnungsreihe, Aktivitätsfärbung, Kennenlernen der Eppendorfpipette, Auszählen und Auswerten von Platten,
Beispiel 3	Bestimmung der Lebendzellzahl in 1 g Hefe mittels Spatelverfahren, Tropfplattenverfahren und MPN,	Ausplattieren mittels Drigalskyspatel, MPN (Most probable number), Tropfplattenverfahren, Verdünnungsreihe

Beispiel 4	Anreicherung und Isolierung von Pseudomonaden, Leuchtbakterien und Bacillus megaterium. Erlernen der Gramfärbung	Gramfärbung, Anreicherungsverfahren kennenlernen, Selektivmedien kennenlernen, Vereinzelung durch Ausstriche (Kreuzstrich, fraktionierter Ausstrich, Dreizehnstrichmethode...)
Beispiel 5	Charakterisierung der isolierten Kultur bezüglich Morphologie, Beweglichkeit und einfache biochemische Merkmale	Gramfärbung, Beweglichkeitstest, KOH-Test, Katalasetest, Sporenfärbung, Strichtest mit VRB-Agar, Stichtest mit Hochschichtagar, Beweglichkeitstest
Beispiel 6	Anreicherung und Isolierung von Luftkeimen	Fangplattenverfahren, Bestimmung der Luftkeimzahl
Beispiel 7	Stammhaltung	geeignete Nährböden für bestimmte Stämme zur Stammhaltung suchen, Schrägagarröhrchen für die Stammhaltung, Kultivierung von Platten als Arbeitskulturen, Ausstrichverfahren wiederholen, Reinkultur
Beispiel 8	Identifizierung eines Luftkeimes mittels Bestimmungsschlüssel. KOH – Schnelltest, Oxidase Test, Katalase Test, Kapsel-färbung, Sporen-färbung, O/F Test Strichtest mit VRB-Agar, Stichtest mit Hochschichtagar	einfache Tests zur Charakterisierung von Stämmen, Prüfen des Verhalten gegenüber O ₂
Beispiel 9	Mikrobiologische Kontrolle von selbst hergestellten MET	Verderbserreger bzw. Hygienekeime: Hefen und Schimmel, Milchsäurebakterien, Enterobacteriaceae
Beispiel 10	Bestimmung der Luftkeimzahl, Hygienkontrolle mit Abstrichtupfer, Packmittelkontrolle von Einwegflaschen	Kennenlernen des Luftkeimsammler, Hygienkontrolle mit Abstrichtupfer, div. Möglichkeiten der Packmittelkontrolle, Rollmethode
Beispiel 11	Herstellung von Käse, Keimzahlbestimmung von Milch	Kennenlernen von Starterkulturen, heterogene Gruppe der Milchsäurebakterien, Käseherstellung, Bedeutung des Bruchs, Reifungsräume, Hygiene, Keimzahlbestimmung der Milch, p. roqueforti,
Beispiel 12	Bestimmung von E.coli, Coliforme und Enterobacteriaceae in Schlierbacher Käse	Enterobacteriaceae, E.coli, Coliforme, Overlay-Verfahren, MPN mit BRILA Bouillon,

3.1.4 Evaluierung Grundlagenlabor 3. Klasse 2006/2007

Die befragten SchülerInnen hatten noch eine größere Distanz zu diesem Labor und deshalb ist es sehr interessant, woran sie sich noch erinnern können, und wie das Labor rückwirkend beurteilt wird.

Der Fragebogen war wie unter 3.1.1.2 gestaltet, nur die Übungsinhalte waren etwas andere.

Es wurden folgende Beispiele evaluiert:

	Thema	Lerninhalte/ Arbeitstechniken
Beispiel 1	Einführung in die Mikroskopie (Zwiebelzelle, Euglena, Stärkekörner, Hefe,...) [Kremer]	Herstellen von Flüssigpräparaten, Handhabung des Mikroskops, einfache Färbung
Beispiel 2	Verschiedene Nährböden herstellen (Nähragar, Malzextraktagar, Endoagar) und mit Proben eigener Wahl beimpfen	Herstellen von Nährmedien, Autoklavieren, Mikroskopieren (1000fach)
Beispiel 3	Bestimmung der Lebend- und Gesamtzellzahl in 1 g Hefe. Bestimmung der Aktivität von Hefezellen mit Aktivitätsfärbung [Steinbüchel]	Koch'sches Plattengussverfahren, Thomakammer, Verdünnungsreihe, Aktivitätsfärbung, Kennenlernen der Eppendorfpipette, Auszählen und Auswerten von Platten,
Beispiel 4	Bestimmung der Lebendzellzahl in 1 g Hefe mittels Spatelverfahren, Tropfplattenverfahren und MPN,	Ausplattieren mittels Drigalskyspatel, MPN (Most probable number), Tropfplattenverfahren, Verdünnungsreihe
Beispiel 5	Anreicherung und Isolierung von Pseudomonaden, Leuchtakterien und Bacillus megaterium. Erlernen der Gramfärbung	Gramfärbung, Anreicherungsmethoden kennenlernen, Selektivmedien kennenlernen, Vereinzelung durch Ausstriche (Kreuzstrich, fraktionierter Ausstrich, Dreizehnstrichmethode...)
Beispiel 6	Charakterisierung der isolierten Kultur bezüglich Morphologie, Beweglichkeit und einfache biochemische Merkmale	Gramfärbung, Beweglichkeitstest, KOH-Test, Katalasetest, Sporenfärbung, Strichtest mit VRB-Agar, Stichtest mit Hochschichtagar, Beweglichkeitstest, Oxidase
Beispiel 7	Anreicherung und Isolierung von Luftkeimen	Fangplattenverfahren, Bestimmung der Luftkeimzahl
	Stammhaltung	geeignete Nährböden für bestimmte Stämme zur Stammhaltung suchen, Schrägagarröhrchen für die Stammhaltung, Kultivierung von Platten als Arbeitskulturer, Ausstrichverfahren wiederholen, Reinkultur
Beispiel 9	Die Reinkultur (DSMZ-Stämme) charakterisieren. KOH – Schnelltest Oxidase Test, Katalase Test, Kapsel-färbung, Sporenfärbung, Geißelfärbung, Strichtest mit VRB-Agar, Stichtest mit Hochschichtagar	einfache Tests zur Charakterisierung von Stämmen, Prüfen des Verhalten gegenüber O ₂
Beispiel 10	Bestimmung der Gesamtkeimzahl und eines Hygienekeimes oder Verderbserregers in einem Lebensmittel eigener Wahl (Eier, Mayonnaise, Wurstsalat,...)	mikrobiologische Qualitätskontrolle von Lebensmitteln, Gesamtkeimzahl, Hygienekeime, Verderbserreger,... Homogenisierungsmethoden, Bestimmung der Keimzahl und ermitteln ob sie innerhalb der Grenzwerte liegen
Beispiel 11	Bestimmung der Luftkeimzahl, Hygienekontrolle mit Abstrichtupfer, Packmittelkontrolle von Einwegflaschen	Kennenlernen des Luftkeimsammlers, Hygienekontrolle mit Abstrichtupfer, div. Möglichkeiten der Packmittelkontrolle, Rollmethode
Beispiel 12	Herstellung von Roquefort und Yoghurt	Kennenlernen von Starterkulturen, heterogene Gruppe der Milchsäurebakterien, Käseherstellung, Bedeutung des Bruchs, Reifungsräume, Hygiene
Beispiel 13	Bestimmung von Hefen und Schimmelpilzen, Enterobacteriaceae, Gesamtkeimzahl und Sporenbildner von Gewürzen	: bedeutsame Keime der Qualitätskontrolle, Ermittlung von Sporenbildner (Schockverfahren), Selektivnährmedien, Bestimmung der Keimzahl und Vergleich mit erlaubten.

3.2 Evaluierung des Mikrobiologielabors II für die Biotechnologie

Es wurden die SchülerInnen die das Labor im vorigen Jahr (2007/2008) durchführten befragt.

Die Fragebögen waren folgendermaßen gestaltet:

Übungsbeispiel: **Untersuchung von Milch**

1. Wenn du dich an das Beispiel erinnern kannst:

a) Gibt es etwas woran du dich besonders gut erinnerst ?

c) Glaubst du dass dieses Beispiel für dich nützlich sein kann

Ja eher schon eher nicht wenig

d) War das Beispiel für dich interessant

Ja eher schon eher nicht wenig

2. Weißt du

a) worauf du mit dem Weinzierltest ist ?

Ja eher schon eher nicht wenig

b) Kannst du zwischen Laktose positiven und Laktose negativen Enterobacter unterscheiden

Ja eher schon eher nicht wenig

c) Weißt du welche Bakteriengruppe du mit Chinablau-Lactose-Agar untersuchst ?

3. Was ich noch sagen möchte ?

Die Wissensfragen waren auf das jeweilige Beispiel abgestimmt und werden bei den Ergebnissen näher behandelt.

Zusätzlich wurde eine Reihung der Übungen nach Beliebtheit und Wichtigkeit erstellt (von 1 bis 11)

Es wurden folgende Beispiele evaluiert:

	Thema	Lerninhalte/ Arbeitstechniken
Beispiel 1	Untersuchung eines Lebensmittels eigener Wahl [Baumgart]	Auswahl der nachzuweisenden Hygienekeime und den dazugehörigen Methoden nach Baumgart
Beispiel 2	Untersuchung von Milch	MPN, Weinzierltest, Sensorik
Beispiel 3	Koch'sche Postulat [Petrini, Kück]	Beweisen des Koch'schen Postulates, Arbeiten mit Schimmelpilzen, mikroskopische Identifizierung von Schimmelpilzen
Beispiel 4	Reinzucht von Hefen	Reinzucht von Hefen aus vorherigen Anreicherungen (z.B. Rosinen) . Es soll mit diesen Hefen weitergearbeitet werden.
Beispiel 5	Prüfung auf verwertbare Stickstoffquellen und Prüfung auf Verwertbarkeit von C-Quellen ?	Von den reingezüchteten Hefen wird ein N-Auxanogramm, C-Auxanogramm erstellt und die Assimilierbarkeit von unterschiedlichen C-Quellen geprüft. -> Identifizierung Mikroskopische Beschreibung
Beispiel 6	Trinkwasseranalytik	Gesamtkeimzahl E.Coli, Coliforme mit Membranverfahren bzw. mit Quanti-Tray bestimmen. Enterokokken mit Quantitray
Beispiel 7	Isolierung und Identifizierung eines Keimes aus der Gruppe der Enterobacter	Isolierung eines Keimes von einem Lebensmittel (VRB-Agar), Reinzucht, Identifizierung mit API und bunter Reihe
Beispiel 9	Immobilisierung einer Hefe [Bayrhuber]	Alginateinhüllung, Durchführung von Gärversuchen mit immobilisierter Hefe und nativer Hefe, Vergleich der Produktivitäten.
Beispiel 10	Antibiogramm, Hemmstofftests, Wirkung von Desinfektionsmittel [Alexander]	Erstellen eines Antibiogramms, Verwendung des Disc dispensers, Prüfen verschiedener natürlich vorkommender Stoffe und käufliche erwerbbarer Mittel auf keimhemmende Wirkung,
Beispiel 11	Bestimmung der minimalen Hemmstoffkonzentration	Erstellen einer geometrischen Verdünnungsreihe, bakterio-statische und bakterizide Konzentration, Agardiffusionstest,
Beispiel 12	Bestimmung des Phagentiters	Phagensensitiver Keim, Phagen im Abwasser, Plaques,...
Beispiel 13	Herstellung von Dihydroxyaceton mit Essigsäurebakterien	Dihydroxyaceton als Bestandteil von Bräunungscremes, Zusatz: Es wurde eine Selbstbräunungscreme hergestellt.

3.3 Sammlung von Beispielen für das Grundlagenlabor als auch das darauf aufbauende Labor

Es wurden alle Beispiele, die in den letzten Jahren von den verschiedenen Lehrpersonen durchgeführt wurden, gesammelt. Die meisten Beispiele beziehen sich auf das Grundlagenlabor.

Im Gespräch wurden die einzelnen Beispiele bewertet. Die Bewertung erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Vermittlung von Grundkenntnissen

- Vermittlung von anwendungsorientiertem Wissen
- Waren die SchülerInnen daran interessiert
- Was kommt besonders gut an

Darauf aufbauend wurden Beispiele ausgewählt, die den Grundstock unseres Grundlagenlabors bilden sollen, und Beispiele die je nach Bedarf gemacht werden können (aufbauende Beispiele, ergänzende Beispiele, grundlegende Methoden in anderen Kontexten....)

3.4 Entwicklung einer neuen gemeinsamen Struktur

Die Evaluationsergebnisse wurden nicht nur in der Fachgruppe, sondern auch auf Chefebene diskutiert. Es wurde im Gespräch eine Möglichkeit herausgearbeitet, wie es möglich wäre, eine neue einheitliche gemeinsame Struktur zu schaffen und auch diese Unterlagen in einer geeigneten Form den Schülern zugänglich zu machen.

4 ERGEBNISSE

4.1 Evaluierung Grundlagenlabor

4.1.1 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2008/2009

Ingesamt wurden 20 Fragebögen ausgewertet. Im Folgenden die Ergebnisse zu den einzelnen Fragestellungen sowie ausgewählte Antworten aus den offenen Fragen:

Die Arbeitsanleitungen wurden von fast allen als „gut“ bis „ausreichend verständlich“ beurteilt. Auffallend ist, dass die Arbeitanleitung für die mikroskopische Beurteilung der Stärkekörner und das Mikroskopieren von Pflanzenzellen nicht so gut beurteilt wurde.

Der Lerneffekt bei den unterschiedlichen Keimzahlbestimmungsmethoden schien beim Koch'schen Plattengussverfahren am besten zu sein. Der Lerneffekt bezüglich Einführung in die Mikroskopie und Beurteilung verschiedener Objekte wurde eher nur als gut bis ausreichend beurteilt. [siehe Anhang 2]

Die interessantesten Rückmeldungen:

- mehr mikroskopieren
- Stärkearten wollen sicher erkannt werden
- Fühle mich nicht sicher bei den verschiedenen Keimzahlbestimmungsmethoden
- Berechnungen sollen geübt, und vermehrt gemeinsam durchgeführt werden (KbE, Gesamtzellzahl)
- Nicht sicher bei der Gesamtzellzahlbestimmung mit Thomakammer, MPN
- Interessant, wie viele Zellen in 1 g Hefe enthalten sind
- Wunsch nach pH-Meter im Labor
- Wunsch nach verbesserter Zeiteinteilung im Labor
- Die Arbeitsvorschriften könnten verbessert werden

Zusammenfassung der wichtigsten Rückmeldungen

- Wunsch nach mehr und einfach zu bedienenden Mikroskopen –so können mehr SchülerInnen gleichzeitig an einem Thema arbeiten und dieses gemeinsam weiterentwickeln
- 50% wollen mehr mikroskopieren, 50% wollen nicht mikroskopieren, eventuell könnten hier mehr und einfach zu bedienende Mikroskope Abhilfe schaffen.
- Wichtig ist das Mikroskopieren von größeren Strukturen, wie pflanzliches oder tierisches Gewebe, und sicheres Erkennen von Artefakten
- Intensivere Auseinandersetzung mit den verschiedenen Stärkearten
- Mehr Visualisierung von Ergebnissen des Mikroskopierens mittels Zeichnungen
- Vollständige Ausrüstung im Labor
- Bessere Planung des Arbeitsablaufes durch die/den LehrerIn
- Verbesserte Arbeitsvorschriften
- Mehr theoretische Keimzahlberechnungsbeispiele

4.1.2 Ergebnisse der Wissensbefragung über Keimzahlbestimmungsmethoden

Ausgewertet wurden 15 Fragebögen:

Bei der Wissensbefragung über die verschiedenen Keimzahlbestimmungsmethoden war auffallend, dass durchschnittlich nur 42% die Methoden richtig durchführen bzw. richtig beurteilen konnten. Der Rest konnte diese Methoden nur teilweise durchführen bzw. waren es ca. 20%, welche die Methoden ohne Anleitung falsch durchgeführt hätten. Ein Grund, dass manche SchülerInnen die Methoden nicht beherrschten war ihr Fehlen in der jeweiligen Unterrichtseinheit.

Die Ergebnisse sind in Anhang 3 dargestellt.

Der Schluss liegt nahe, dass es im Unterricht Wiederholungszeiten geben muss, um Versäumtes durch Abwesenheiten zu wiederholen.

Auf Grund dessen wurden bereits im laufenden Unterrichtsjahr eine Übungseinheit eingebaut, in der die Keimzahlbestimmungsmethoden wiederholt wurden.

Von den SchülerInnen wurden folgende Rückmeldungen gegeben:

- Solche Wiederholungen sind gut, ich fühle mich jetzt sicherer
- Es sollten öfters Überprüfungen stattfinden, ob das Gewünschte auch wirklich gekonnt wird
- Es motiviert mich, wenn ich etwas teilweise kann und dann bei einer Wiederholung die Bestätigung bekomme, dass ich es doch kann
- Das kann ich ja eigentlich schon, aber es ist für mich interessant das selbe Thema in einem anderen Zusammenhang zu wiederholen

4.1.3 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2007/2008

Es wurden insgesamt 12 Fragebögen ausgewertet.

Auf die Frage, ob die SchülerInnen für die Durchführung des jeweiligen Beispiels eine Unterstützung benötigen würden, antworteten fast alle SchülerInnen bei fast allen Beispielen, dass sie das Beispiel nur mit Hilfe eines Arbeitsbuches durchführen könnten.

Auffallend ist, dass die SchülerInnen ihr Können so einschätzten, dass die Herstellung der Nährböden, die Bestimmung der Luftkeimzahl und die Hygienetests von Ihnen auch ohne Arbeitsunterlagen durchgeführt werden könnte.

Die Frage, ob sie die Methoden und Techniken beherrschen, die für die einzelnen Übungen benötigt werden, wurden vom überwiegenden Teil mit „eher schon“ bewertet. Nur beim Herstellen von Nährböden scheinen sich die meisten SchülerInnen sicher zu fühlen, da die Mehrheit mit „Ja „antwortete.

Die Mehrheit der befragten SchülerInnen empfinden fast alle durchgeführten Beispiele als nützlich, nur das Spatel- und Tropfplattenverfahren wurde als „eher nützlich“ beurteilt.

Das Ergebnis auf die Frage, ob das Beispiel für sie „interessant“ war, zeigte dass das Erlernen der grundlegenden Techniken wie „Nährböden gießen“, „Methoden der Keimzahlbestimmung“ nur mäßig interessant für die SchülerInnen war. Als interessant wurden die Übungsbeispiele, wo mehr Bezug zur Praxis sichtbar war, beurteilt.

Am interessantesten für die SchülerInnen waren folgende Beispiele:

- Luftkeime mit dem Fangplattenverfahren
- Hygienetests
- Stammhaltung
- E.coli, Coliforme und Enterobacter in Schlosskäse

Detaillierte Ergebnisse sind im Anhang 3 zu finden.

4.1.4 Ergebnisse der Evaluierung des Grundlagenlabors 2006/2007

Es wurden 10 Fragebögen ausgewertet.

Die Tendenz der Antworten ist in diesem Jahrgang die gleiche wie im Jahrgang 2007/2008 (siehe 4.1.3)

Auffallend ist, dass dieser Jahrgang angab, bereits mehrere Beispiele ohne Anleitung durchführen zu können und dass sich die SchülerInnen bei mehreren Methoden sicherer fühlten, als die SchülerInnen des Jahrgangs 2007/2008. Vermutlich ist das darauf zurückzuführen, dass diese SchülerInnen bereits ein zweites Jahr Mikrobiologielabor hatten und dort auch verschiedene Methoden wiederholt wurden.

Außerdem fällt auf, dass bei der Frage nach dem Können einer Methode, die Bestimmung der Lebend- und Gesamtzellzahl, die Färbungen und das Mikroskopieren von den SchülerInnen nur mit „eher schon“ beurteilt wurde. Diese grundlegenden Techniken sollten eigentlich bereits ohne Probleme durchgeführt werden können.

Die interessantesten Beispiele für diese Klasse waren:

- Herstellung von Nährböden
- Anreicherung und Isolierung eines Keimes
- Luftkeime
- Herstellung von Roquefort und Käse

Detaillierte Ergebnisse sind im Anhang 4 zu finden.

4.1.5 Zusammenfassende Rückmeldungen aus den Grundlagenlabors 2006/2007 und 2007/2008

Die Ergebnisse der Fragen, „Woran kannst du dich besonders gut erinnern?“ und „Was könnte dir helfen die Beispiele und Methoden länger in Erinnerung zu behalten?“, wurden von beiden Klassen zusammengefasst, da die Aussagen sehr ähnlich sind.

Woran kannst du dich besonders gut erinnern

- Mikroskopische Objekte wie Gelsenlarve, Chloroplasten der Gurke, Euglena, Zwiebelzellen,
- Grün-metallische Färbung des Endo-Agars durch E.coli
- Die tollen Farben und das unterschiedliche Aussehen der Luftkeime
- MPN, Thomakammer, Gesamtkeimzahl
- Mikrobiologische Kontrolle selbst hergestellter Lebensmittel
- Mikrobiologische Kontrolle von Gewürzen, Sporenbildner
- Besonders gut erinnerten sich die SchülerInnen, wenn sie Proben aus dem Alltag nahmen (z.B. Tastatur, Stiegenländer,...)
- Hygienechecks in der Bäckerei
- An Fehler und nicht funktionierende Versuche können sich die Schüler besonders gut erinnern
- Gute Erinnerung an die einzelnen Tests (Katalase,.....)
- *Vibrio fischerii* - > Verwendung als „Weihnachtsgeschenk“
- Besonders gute Erinnerung an die selbst gekauften Lebensmittel (z.B. Wurstsalat)
- Herstellung von Camembert – sehr wichtiges und interessantes Beispiel

Was könnte dir helfen dass du, die unter Lehrziele angeführten Beispiele und Methoden länger in Erinnerung behältst ?

- Arbeitsvorschriften die im Labor aufliegen, eventuell farbig gestalten, einerseits klar strukturiert, andererseits in die Tiefe gehend
- Grundlagen aus Literatur, auf die zurückgegriffen werden kann
- Herstellungsmappe (z.B. Merck Katalog)
- Vorschriften für Nährböden
- Kärtchen auf die zurückgegriffen werden kann
- Protokollsammlung
- Öfters durchführen, auch wenn es langweilig ist (öfters erwähnt)
- Vorbesprechung ausführlicher
- Berechnung KbE öfters
- Standardverfahren im Labor aufgehängt
- Unterlagen mit Bildern und genauer Beschreibung
- Berechnungen sorgfältig wiederholen
- Bestimmungsschlüssel für Mikroorganismen
- Alternative Literatur
- Es soll wirklich jeder alles selber berechnen
- Verdünnungsreihen müssen wirklich verstanden werden und sollen selbst berechnet werden
- Keine allzu genauen Vorschriften, damit nicht blind nachgekocht wird, ohne selbst nachdenken zu müssen
- Bilder von Färbungen
- Mappe anlegen wo jeder Mikroorganismus charakterisiert wird (Steckbrief & schriftliche Beschreibung, Aussehen, Lebensraum und Milieu)
- Bildschirm zum gemeinsamen Auswerten der Thomakammer

Zusammenfassung der wichtigsten Rückmeldungen

- Arbeitsvorschriften gesammelt im Labor ablegen (Grundbeispiele)
- Erstellung von Arbeitsanweisungen (**Standard Operating Procedure = SOP**) die im Labor aufliegen
- Angebot an unterschiedlicher Literatur die verfügbar ist
- Wiederholung von Beispielen, eventuell in unterschiedlichen Kontexten
- Berechnungen anhand von simulierten Beispielen ev. Beispielsammlung

- Sammlung, wo die häufigsten Mikroorganismen genau beschrieben werden, idealerweise mit Zeichnungen
- Ein Lehrbuch, auf das zu Hause zurückgegriffen werden kann
- Es sollen auch Beispiele durchgeführt werden, die selbständiges Zusammensuchen der Vorschriften und selbständiges Auswerten erfordern („Kürbeispiele“)

4.2 Ergebnisse der Evaluierung des Mikrobiologielabors II 2007/2008

Insgesamt wurden 8 Bögen ausgewertet.

Hier wurden einerseits die Fragen nach Nützlichkeit und Interesse mit konkreten Wissensfragen verknüpft. Andererseits sollten die Beispiele noch nach Interesse und Wichtigkeit gereiht werden.

Auffallend war, dass die für jedes Beispiel durchzuführende Bewertung nach Interesse und Wichtigkeit und die Reihung nach Wichtigkeit und Interesse der einzelnen Beispiele sehr widersprüchliche Ergebnisse lieferten. Einige Beispiele wurden bei der Reihung von 1 bis 11 ganz hinten gereiht, also wenig wichtig und wenig interessant. Bei den Einzelrückmeldungen, wurden gerade diese Beispiele, oft als besonders interessant erwähnt. Diese Widersprüchlichkeit konnte nicht genauer abgeklärt werden.

Tendenziell konnte erkannt werden, dass folgende Beispiele von den SchülerInnen am interessantesten und am Wichtigsten eingestuft wurden:

- Antibiogramme, Hemmstofftests und Mindesthemmstoffkonzentration
- Trinkwasseranalytik
- Lebensmittelanalytik
- Identifizierung von Mikroorganismen
- Hefen (Reinzucht, Identifizierung)

Bemerkenswert ist die Einstellung zur Lebensmittelanalytik, diese wird von einem Teil als sehr interessant, und von einem anderen Teil als sehr uninteressant wahrgenommen.

Interessant sind noch einige Rückmeldungen auf die Fragen: „Woran ich mich besonders gut erinnern kann?“ und „Was ich noch sagen möchte?“

Woran ich mich besonders gut erinnern kann?

- Lebensmittel, die selbst gekauft wurden und oft überraschende Ergebnisse (bei manchen Lebensmitteln war die Keimbelastung so hoch, dass sie eigentlich nicht mehr „in den Verkehr gebracht“ werden dürften. In Einzelfällen wurde Kontakt zu den Firmen aufgenommen)
- An die Sensorik, die mit der Milchanalytik verknüpft wurde
- Schimmelpilze, die von schimmeligem Obst isoliert wurden
- Bessere Erinnerung, wenn parallel in der Theorie der Stoff durchgenommen wurde

- Wasserproben, die zu Hause gezogen wurden
- Bunte Ergebnisse
- Das Aufzeigen anderer Anwendungen (z.B. Verknüpfung Immobilisierung von Hefe und Molekularküche oder Dihydroxyaceton mit Herstellung von Bräunungscreme verknüpfen)
- Desinfektionswirkung von Alltagslebensmitteln oder verschiedener Desinfektionsmittel
- Wenn das Ergebnis lange Tabellen sind, oder die Auswertung mit Tabellen erfolgt
- Das Dihydroxyacetonbeispiel ist lustig

Was ich noch sagen möchte?

- Verbindung zur Sensorik sehr interessant
- Eigenschaften und Grundlagen über Mikroorganismen interessanter als einzelne Mikroorganismen herausarbeiten
- Verbindung mit dem Alltag sehr gut (Trinkwasser, Lebensmittel) – mehr Untersuchungen von Lebensmitteln
- Interessant war, dass teure Desinfektionsmittel oft gar nicht so gut wirken
- Näheres Eingehen auf einzelne Hemmstoffe
- Herstellung von Lebensmitteln
- Mehr Schimmelpilzanalytik
- Mehr Charakterisierung von Mikroorganismen
- Gezieltes Screening nach einem Keim (z.B. resistenten Keim)
- Mehr Unterlagen wären hilfreich

Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen

- mehr Unterlagen zur Verfügung stellen
- auffallend ist, dass immer wieder SchülerInnen ihr Können mit „wenig“ und „eher nicht“ einstufen, was darauf hindeutet, dass manche Inhalte langsamer erarbeitet werden sollen, und dass Wiederholen auch Sinn machen würde
- Verknüpfung Sensorik und Mikrobiologie scheint ganz gut anzukommen
- Die Beispiele die einen starken Bezug zur Praxis (Lebensmittel und Gesundheit) herstellen, werden von den SchülerInnen als wichtiger erachtet, und auch als interessanter eingestuft.
- Schimmelpilzanalytik wurde im Labor zu knapp behandelt
- Als sehr günstig stellt sich eine Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis heraus.

- Ersetzen von einzelnen Beispielen durch z.B. gezieltes Screening nach einem Keim, mehr Charakterisierungen von einzelnen Keimen, mehr Herstellung von Lebensmitteln,
- Vertiefende mikrobiologische Lebensmittelanalytik

Im Anhang sind die Ergebnisse detaillierter dargestellt [Anhang 5]

4.3 Sammlung der Beispiele

Die Sammlung der Beispiele und unsere Gespräche lieferte Folgendes:

4.3.1 Sammlung von Beispielen für das Grundlagenlabor

Es ergab eine Sammlung von Grundbeispielen, die von allen SchülerInnen durchgeführt werden müssen. Es wurden auch Beispiele gesammelt, die einzelne Themen vertiefend behandeln könnten.

Im Gespräch mit den KollegInnen, und auch in der praktischen Arbeit mit den SchülerInnen ergaben sich einige Möglichkeiten, wie dieses erworbene Wissen überprüft werden könne.

Grundbeispiele:

- Mikroskopie: Stärkekörner, Zwiebelzelle, Einzeller, Hefezellen, Plasmolyse, Heuaufguss, Insekten [Kremer, P.]
Anmerkung: Stärkekörner eignen sich sehr gut als Überprüfungsbeispiel
- Nährböden herstellen
Eine Probe wird vergleichend auf Plate Count Agar, Endoagar und Hefeextraktagar ausgestrichen
- Bestimmung der Hefezellzahl in 1 g Hefe
Plattengussverfahren, Spatelverfahren, MPN, Tropfplattenverfahren, Thomakammer [Steinbüchel; Baumgart]
Anmerkung: Als Überprüfungsbeispiel eignet sich z.B. die Bestimmung der Milchsäurebakterien in Joghurt
- Färbungen
Aktivitätsfärbung, Gramfärbung, Kapselfärbung, Sporenfärbung,

- Anreicherung, Isolierung und Reinzucht eines Mikroorganismus: Leuchtbakterien, *Bacillus megaterium*, Luftkeime [Bast, Steinbüchel]
- verschiedene Ausstrichmethoden
Kreuzstrich, Dreizehnstrichausstrich, fraktionierter Ausstrich
- Luftkeim nach einem Bestimmungsschlüssel einordnen und Durchführen einfacher Tests zur Identifizierung [Johnson, Case]
KOH-Test, Katalasetest, Oxidase-Test, O/F-Test, Prüfung auf Glucose- und Lactoseabbau, Beweglichkeitsprüfung, Färbungen
- Stammhaltung
Herstellung von Schrägagarröhrchen, Arbeitsplatten, Hochschichtröhrchen
- Hygienekontrolle
Luftkeimzahlbestimmung, Abstriche, Packmittelkontrolle, Abklatsch der eigenen Hand (vor/nach Desi)
- Mikrobiologische Qualitätskontrolle von Lebensmitteln
Diese Beispiele werden nach ICC-Standard, nach § 35 LMBG oder nach Baumgart durchgeführt [BAUMGART, J., BECKER, B]
Anmerkung: Hier kann die selbständige Erarbeitung eines Arbeitsauftrages überprüft werden

Sammlung von ergänzenden Beispielen:

- Mikroskopie: Chloroplasten, Blattunterseite, Stammquerschnitte, eigene Proben,...
- Färbungen: Geißelfärbung, Zahnflorapräparat
- Herstellung von Lebensmittel
Yoghurt, Camembert, Met, Essig, Ingwerbier
- Direktisolierung und Anreicherung
- Anreicherung, Isolierung und Reinzucht eines Mikroorganismus: Pseudomonaden, *Streptococcus salivarius*, Snyder Test, N-Fixierer, Mikrobiologische Qualitätskontrolle von Lebensmittel

4.3.2 Sammlung von Beispielen für das Mikrobiologielabor II

Für das Mikrobiologielabor II ergab sich folgende Auswahl an Beispielen. Hier kann unsererseits noch keine Einteilung in Grund- und Kürbeispiele vorgenommen werden, da noch Erfahrung fehlt.

- Untersuchung diverser Lebensmittel eigener Wahl nach §35LMBG, nach ICC Standard, nach Baumgart [Baumgart, Becker]
- Trinkwasseranalytik
- Koch'sche Postulat (Schimmelpilzanalytik)
- Reinzucht von Hefen
- Auxanogramme und Assimilierbarkeit von C-Quellen
- Isolierung und Identifizierung eines Keimes aus der Gruppe der Enterobacteriaceae
- Immobilisierung von Hefezellen
- Antibiogramme, Hemmstofftests, Wirkung von Desinfektionsmittel [Steve, Dennis]
- Bestimmung der minimalen Hemmstoffkonzentration
- Bestimmung des Phagentiters [Steinbüchel]
- Herstellung von Dihydroxyaceton mit Essigsäurebakterien [Steinbüchel]

4.4 Mögliche gemeinsame Struktur

Die Arbeitsanweisungen sollen in unserem System, in einer Dokumentenverwaltung abgelegt werden, welche von den verantwortlichen MikrobiologielehrerInnen gewartet werden soll. Die Standardoperations (SOP's) sollen im nächsten Schuljahr gemeinsam mit den SchülerInnen erarbeitet werden.

Im Anhang 6 ist ein Beispiel zu finden.

Die Arbeitsaufträge und auch die dazugehörigen Unterlagen sollen im Moodle bereitgestellt werden. Es wird im nächsten Schuljahr gemeinsam mit der EDV Lehrerin das System an unserer Schule installiert werden.

Versuchsweise sollen auch die Protokolle über Moodle eingesammelt, bewertet und verwaltet werden.

5 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Ein Ziel des Projektes war es die Übungen und Lerninhalte im Mikrobiologielabor I und Mikrobiologielabor II zu analysieren. Es sollen die Inhalte besser strukturiert, Abläufe optimiert und Mängel aufgezeigt werden. Alte Fehler sollen nicht in das neue Labor genommen werden.

Gespräche mit KollegInnen wurden laufend geführt, und die Ergebnisse der Analysen und ihre Einschätzung in das Ergebnis mit einbezogen.

Ein weiteres Ziel war es, die vorhandenen Übungsbeispiele von allen KollegInnen zu sammeln und ein alternatives Unterrichtssetting zu entwickeln.

5.1 Auswirkungen auf die Gestaltung der Laborarbeit an der HTL f. Lebensmitteltechnologie, Wels

Die Analysen der Schülerfragebögen und die Gespräche mit den LehrerInnen ergab in Bezug auf **Ausstattung und Unterlagen** folgendes Ergebnis.

- Bei ca. 50% der SchülerInnen besteht der Wunsch nach mehr Mikroskopieren und auch nach einer besseren Visualisierung. Mikroskope sollen einfach zu bedienen sein.
 - Das führte dazu, dass von unserem Kustodiat **neue Mikroskope** angeschafft werden.
- Es besteht der Wunsch nach besseren und klarer strukturierten Arbeitsvorschriften.
 - Es wurde mit der Schulleitung vereinbart, im nächsten Schuljahr, gemeinsam mit den SchülerInnen, **Standard Operations** der grundlegenden Methoden zu erarbeiten.
- Es sollen **Arbeitsbücher** als Arbeitsgrundlage aufliegen
 - wurden zum Teil angeschafft
- Eine **Sammlung**, in der die **häufigsten Mikroorganismen** genau **beschrieben** werden, soll aufliegen, idealerweise mit Photo oder Zeichnung
 - diese Sammlung kann laufend mit den Schülern erarbeitet und erweitert werden
- Es soll eine **Sammelmappe** mit Übungsbeispielen im Labor aufliegen
 - Übungsbeispiele werden in schriftlicher und elektronischer Form vorliegen
- Was die Ausstattung betrifft, wurde von den Schülern die Rückmeldung gegeben, dass „es passt wie es ist“. Die genaue Ausstattung der Arbeitsplätze im mikrobiologischen Labor wird bei Einzug in das neue Labor beschlossen.

Ein weiteres Ziel war, dass eine **gemeinsame Struktur** vorbereitet werden soll, wie die Unterlagen für die Schüler zur Verfügung stehen könnten.

- Es wurde mit der Schulleitung vereinbart, eine **Dokumentverwaltung für SOP's** zu erstellen (SchülerInnen gemeinsam mit LehrerInnen)
- Die Arbeitsvorschriften können zentral auf dem **Schulserver** abgelegt werden
- Unterlagen und Arbeitsvorschriften werde ich im nächsten Jahr im **Moodle** zur Verfügung stellen

Die Analyse bezüglich **nachhaltigen Wissenserwerbs** ergab Folgendes:

- In den Fragebögen wurde öfters der Wunsch nach Wiederholungen geäußert, und das Feedback auf die **Wiederholung eines Unterrichtsbeispiels** wurde von den SchülerInnen positiv aufgenommen („Aha-Effekt“)
- Wissensbefragungen ergaben, dass Inhalte besser verankert werden, wenn die **Beispiele sehr praxisbezogen** sind (z.B. selbst gezogene Lebensmittelproben)
- **Beispiele, die einfach aufgebaut sind** werden häufig auch als interessanter empfunden und auch „besser gemerkt“
- Idealerweise **Verknüpfung Praxisunterricht mit Theorieunterricht**
 - ➔ Wichtig sind im Laborunterricht freie Flächen (jedes Semester mindestens 1 Übungseinheit) um Beispiele wiederholen zu können
 - ➔ Wiederholung gleicher Themen in unterschiedlichen Kontexten

Ein weiterer Punkt, der sich im Zuge dieses Projektes ergab, war die Entwicklung eines **alternativen Unterrichtssettings**. Es soll ein individuelles Fördern jedes einzelnen Schülers/jeder einzelnen Schülerin erreicht werden.

Zu Jahresbeginn soll ein **Jahresplan** ausgegeben werden.

Dieser Jahresplan soll vierstufig aufgebaut sein.

- Erster Stufe: Einführen in die grundlegenden Techniken (für alle gemeinsam) z.B. steriles Arbeiten, Gießen von Nährböden, Autoklavieren
- Zweiter Teil: Grundbeispiele (um das Labor positiv abzuschließen, müssen diese von allen durchgeführt werden und auch gekonnt werden) Keimzahlbestimmungsmethoden (Hefe), Anreicherung und Reinzucht, Hygienechecks, Luftkeimzahl
- Dritter Teil: modifizierte Grundbeispiele, für diejenigen die in der Durchführung der Grundbeispiele unsicher sind (z.B. abgeändertes Beispiel einer Keimzahlbestimmungsmethode (Milchsäurebakterien). Es könnten auch Beispiele wiederholt werden.
- Vierter Teil: Kürbeispiele (Einzelne Beispiele je nach Interessenslage, für diese Beispiele gibt es Zusatzpunkte) – um ein sehr gut zu errei-

chen muss ein Teil dieser Beispiele durchgeführt werden. z.B. weitere Anreicherungsbeispiele und Identifizierung von Mikroorganismen

- Unterlagen für die **Beispiele** sollen im **Moodle** zur Verfügung stehen
- Die Abgabe der **Protokolle** soll ebenfalls elektronisch (**ev. im Moodle**) erfolgen
- Leistungsbeurteilung soll nach Protokollen, nach durchgeführten Beispielen und Arbeitsaufträgen und nach einem Prüfbeispiel (z.B. Keimzahlbestimmung, Unterscheidung von Stärke,...)

Die Analyse der beiden Labors in bezug auf Lehrinhalte ergab, dass folgende Lehrinhalte genauer behandelt werden sollen.

Folgende **Themen** sollen im Unterricht **intensiver** behandelt werden

- Mikroskopie (Stärke, Einzeller, Schädlinge,...)
- Schimmelpilze
- Identifizierung von Mikroorganismen
- Herstellung von Lebensmitteln
- Teilweise mehr Analysen von Lebensmitteln (Kürbeispiel)
- Gezieltes Screening nach Mikroorganismen (z.B. Bodenmikroorganismen mit bestimmten Eigenschaften)

5.2 „Mikrobiologie für Anfänger“

Da hier in diesem Projekt eine umfangreiche Evaluation in Bezug auf mikrobiologisches Arbeiten gemacht wurde, aber diese Evaluation auch sehr schulspezifisch ist möchte ich gerne noch einige Kernaussagen präzisieren, um sie auch anderen Schulen zugänglich zu machen, die diese Thematik in ihrem Unterricht nur streifen.

Eine der Kernaussagen meiner Evaluation war, dass die SchülerInnen die Lehrinhalte dann am Besten behielten, wenn die **Übungen sehr einfach** waren, ein **Bezug zum täglichen Leben** herstellbar war und die **Ergebnisse möglichst bunt, schillernd und künstlerisch** wirkend waren.

Ich möchte noch **drei Beispiel** mitgeben, die sehr **einfach durchzuführen** sind. Diese werden von den SchülerInnen mit Begeisterung durchgeführt, und ermöglichen einen guten Einblick in das Leben der Mikroorganismen.

Die Beispiele sind im Anhang dargestellt [7.7, 7.8, 7.9]

Anhang 7.7: Anreicherung von Luftkeimen mit dem Fangplattenverfahren

Anhang 7.8: Anreicherung von Leuchtbakterien

Anhang 7.9: Oberflächenkeimgehaltskontrolle durch Abklatschverfahren

6 LITERATUR

ALEXANDER S., STRETE D.: Mikrobiologisches Grundpraktikum, Pearson Studium, 2006

BARKER K.: Das Cold Spring Harbor Laborhandbuch: Für Einsteiger, Spektrum, 2006

BAST E.: Mikrobiologische Methoden. Berlin Spektrum Verlag, 2. Aufl., 2001

BAUMGART, J., BECKER, B.: Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln, BEHR's Verlag, 2004, 5. Auflage

BAYRHUBER H., LUCIUS E.: Handbuch der praktischen Biotechnik, Band 2, Schroedel Verlag, 1997

COLLINS C. et al.: Collins and Lyne's Microbiological Methods, A Hodder Arnold Publication, 7.Aufl., 1995

JOHNSON, T., CASE, C.: Laboratory Experiments in Microbiology, Pearson Verlag, 2009, Ninth Edition,

KREMER, P.: Das große Kosmosbuch der Mikroskopie, Kosmos 2002

KÜCK U. et al.: Schimmelpilze, (begründet v. J. Reiß), Springer-Verlag, 2009

PETRINI L., PETRINI O.: Schimmelpilze und deren Bestimmung, Gebrüder Borntraeger, 2008, 2. Aufl.

STEINBÜCHEL, OPPERMANN-SANIO: Springer-Verlag, 2003