

Einleitung

Der Tierart-Kit SK1-12 enthält die notwendigen Materialien, um verarbeitete Tierarten in gängigen Fleisch- und Milchprodukten, z.B. Wurst oder Käse zu bestimmen. Ein Lehrerheft und fünf Schülerhefte, alle durchgehend farbig illustriert, ergänzen den Kit. Das Lehrerheft umfasst insgesamt 36 Seiten und gliedert sich in einen theoretischen und praktischen Teil. Im theoretischen Teil werden arbeitstechnische Grundlagen, Unterrichtsorganisation und didaktische Hinweise aufgeführt. Arbeitsblätter mit Aufgaben für die Schüler und Antworten für die Lehrkräfte vervollständigen den Theorie Teil. Anschließend wird im praktischen Teil die Versuchsdurchführung ausführlich dargestellt. Hinweise zur Sicherheit, Entsorgung und dem Umgang mit Gefahrstoffen bilden den Abschluss des Lehrerheftes. Das Schülerheft umfasst insgesamt 8 Seiten. Einleitend werden die fachlichen Grundlagen der Polymerasekettenreaktion erläutert. Es folgt wiederum eine ausführliche Versuchsbeschreibung, bevor die Sicherheitshinweise den Abschluss des Schülerheftes bilden.

Praktische Grundlage

Grundlage der Untersuchung ist der Nachweis von Tierart-spezifischer Erbsubstanz (DNA). Sowohl Fleisch als auch Milch sowie deren Verarbeitungsprodukte enthalten DNA-Anteile der verwendeten Tierarten. Die DNA ist so stabil, dass sie auch noch nach umfangreichen Produktionsprozessen in ausreichender Quantität und Qualität vorhanden ist, um eindeutige Tierartidentifizierungen durchführen zu können. Die Untersuchung gliedert sich in drei Abschnitte, in denen verschiedene grundlegende Techniken der DNAAnalytik angewandt werden:

(1) DNA-Isolation

Im ersten Teil wird aus der zu untersuchenden Probe, z.B. kleine Wurst- oder Käsestücke, DNA isoliert. Diese Proben werden zunächst enzymatisch aufgelöst, um die DNA-Moleküle aus den Zellen freizusetzen. Im Anschluss wird die DNA von den übrigen Bestandteilen abgetrennt und steht dann für die PCR-Analyse zur Verfügung.

(2) PCR

Im zweiten Teil erfolgt eine PCR mit Tierart-spezifischen PCR-Primern. Diese Primer sind so konstruiert, dass sie nur mit der DNA einer bestimmten Tierart (Rind, Schwein, Huhn oder Pute) PCR-Produkte bilden, sofern sich diese in der Probe befinden. Es spielt keine Rolle, ob weitere Tierarten in den Lebensmitteln verarbeitet wurden.

(3) Gel-Elektrophorese

Im dritten Teil wird überprüft, ob Tierart-spezifische PCR-Produkte gebildet wurden, d.h. ob eine bestimmte Tierart in der untersuchten Probe verarbeitet worden ist. Die Prüfung erfolgt mittels Agarose-Gel-Elektrophorese, wonach synthetisierte PCR-Produkte durch Anfärbung sichtbar gemacht und dokumentiert werden können. Als Untersuchungsmaterial eignen sich gängige rohe, gebrühte und gekochte Produkte. Bis zu einer Nachweisgrenze von ca. 0,5% lassen sich die 4 Tierarten Rind, Schwein, Huhn und Pute in Produkten identifizieren. Die gesamte Untersuchung kann auf drei bis vier verschiedene Unterrichtseinheiten aufgeteilt werden. Sowohl nach der DNA-Isolation als auch nach der PCR können die Proben beliebig lange eingelagert werden, so dass bei der Durchführung im Unterricht eine große Flexibilität gegeben ist.

Bestandteile des Tierart-Kit 110.3110

(für 3 mal je 4 Gruppen)

(1) DNA-Isolation

(für 12 Isolationen)

- Säulen inkl. Auffanggefäße (12 Stück)
- Zusätzliche Auffanggefäße (24 Stück)

- Lysepuffer A (14 ml)
- Proteinase K (260 µl)
- Bindepuffer B (7 ml)
- Waschpuffer C (6 ml)
- Waschpuffer D (9 ml)
- Elutionspuffer E (2 ml)



Da die oben angegebenen Binde- und Waschpuffer Detergentien bzw. Guanidien enthalten, muss Schutzkleidung (Laborkittel, Handschuhe, Schutzbrille) getragen werden.

(2) PCR-Reaktionen

(für je 3 PCR-Nachweise von Rind-, Schwein, Huhn- und Pute-DNA und den zugehörigen Positiv- und Negativ-Kontrollen)

- Kontroll-DNA von Rind, Schwein, Huhn und Pute: je 20 µl
- Reaktionsmix (bestehend aus DNA-Polymerase, MgCl₂, Puffer, dNTPs): 1,8 ml
- PCR-Primer von Rind, Schwein, Huhn und Pute: je 50 µl
- H₂O (steril): 1 ml

(3) Gelelektrophorese

(Auswertung der Untersuchung)

- Gel-Ladepuffer (6fach-konzentriert) für die Gel-Elektrophorese: 120 µl
- DNA-Längenstandard (ausreichend für 12 Agarose-Gele, 15 µl DNA-Längenstandard): 200 µl
- DNA-Färbelösung (200fach-konzentriert): 6 ml
- Agarose: 6 g
- TAE-Elektrophoresepuffer (25fach-konzentriert): 5 x 20 ml
Lagertemperatur beachten!

Wichtig: Säulen, Auffanggefäße und Puffer für die DNA-Isolierung sind bei Raumtemperatur, alle anderen Lösungen und Referenzen sind bei 18 Grad Celsius zu lagern!



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH - Rombachstr. 65 - D-66539 Neunkirchen
Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6821 - 94 11-0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

Stundenorganisation

Das unten stehende Fließdiagramm skizziert einen möglichen Unterrichtsgang.

Unterrichtseinheit 1 (45 min)

- Einführung in das Thema „Isolation von DNA“
- Praktische Übungen zum Umgang mit den Mikropipetten



Unterrichtseinheit 2 (45 min)

- DNA-Isolation aus den mitgebrachten Proben

Nach DNA-Isolation: Lagerung der DNA bei -18°C.



Unterrichtseinheit 3 (2 x 45 min)

- Einführung in das Thema „PCR“
- Auftauen der PCR-Komponenten
- Programmierung des Thermocyclers
- Pipettieren der PCR-Ansätze
- Start des PCR-Programms (ca. 2,5 h)
- Agarose-Gele gießen

Nach PCR-Lauf: Lagerung der Ansätze bei 4°C.

Nach Aushärtung der Gele: Lagerung der Gele mit etwas Puffer in einer Folie bei 4°C.



Unterrichtseinheit 4 (2 x 45 min)

- Einführung in das Thema „Gel-Elektrophorese“
- Praktische Übungen zum Befüllen der Geltaschen
- Auftragen der PCR-Ansätze und des DNA-Längenstandards
- Gel-Elektrophorese
- Färbung / Entfärbung der Gele
- Analyse der Ergebnisse

Beachten Sie bitte, dass die praktische Durchführung, wenn dies erforderlich ist, an verschiedenen Stellen unterbrochen und in späteren Stunden fortgeführt werden kann.

Anmerkung: Unterrichtseinheiten 1 und 2 können auch als eine Unterrichtseinheit gestaltet werden!

Lernziele der Schüler

1. Einen bestätigenden Versuch durchführen, der die Phasen:
 - a) Fragestellung / Hypothesenbildung
 - b) Planung und Versuchsaufbau
 - c) Versuchsdurchführung
 - d) Registrieren des beobachtbaren Ergebnisses
 - e) Auswertung bzw. Interpretation des Ergebnisses, Möglichkeit des Transfers beinhaltet.
2. Die Replikation und die PCR hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede vergleichen können.
3. Die korrekte Bezeichnung und die Funktion der Komponenten einer PCR wieder geben.
4. Die korrekte Bezeichnung und die Funktion der einzelnen Schritte eines PCR-Zyklus wiedergeben.
5. Die Visualisierung der DNA in einem Agarose-Gel darstellen.
6. Den Versuch anhand des Schülerheftes eigenständig unter Berücksichtigung der Sicherheitshinweise durchführen.
7. Bei Versuchsaktivitäten wie Zentrifugation der Proben und PCR-Reaktionen im Thermocycler eine Absprache mit den Mitschülern zur gemeinsame Benutzung der Gerätschaften treffen (Kooperation, Teamarbeit).
8. Eine korrekte Abschätzung der visualisierten DNA-Bandengrößen vornehmen.
9. Die Wanderungstrecken der Gelbanden mit Hilfe eines Lineals ausmessen.

10. Ein Diagramm erstellen für den DNA-Längenstandard mit der X-Achse "Wanderungstrecke [mm]" und der Y-Achse "Basenpaare [bp]".
11. Eine korrekte DNA-Bandengrößenbestimmung der eigenen PCR-Produkte an hand des erstellten Diagramms vornehmen.
12. Ergebnisse objektiv, also wahrheitsgemäß, ermitteln und an die Mitschüler weitergeben.
13. Die Erkenntnis gewinnen, dass die vier Tierarten Rind, Schwein, Huhn und Pute mittels PCR aus verarbeiteten, tierischen Lebensmittel nachzuweisen sind.
14. Nach Ende des Versuchs die Entsorgung der Gebrauchsmaterialien gemäß den Angaben durchführen, um die Gefährdung des eigenen Lebens bzw. anderer Menschen zu vermeiden.

Arbeitsblatt 1 (Musterlösungen für Lehrkraft)

DNA-Isolation

1) Nennen Sie die Bausteine eines DNA-Nukleotids.

Ein DNA-Nukleotid besteht aus einem Phosphatrest, einer Desoxyribose und einer Base (Adenin, Cytosin, Guanin oder Thymin).

2) Nennen Sie die Bausteine eines DNA-Makromoleküls und erläutern Sie dessen Zusammenhalt.

Ein DNA-Makromolekül besteht aus zwei Polynukleotidsträngen, die über die Wasserstoffbrücken der sich gegenüberliegenden Basen zusammengehalten werden.

3) Erläutern Sie begründet, warum Sie Ihre mitgebrachte Probe nicht direkt in die PCR einsetzen.

Die Probe enthält Proteine und Fette, die eine PCR stören und die DNA liegt nicht frei in der Probe vor, sondern muss erst aus den Zellen isoliert werden.

PCR

1) Begründen Sie den Einsatz der PCR.

Da die DNA in geringer Menge vorliegt, muss sie in großer Menge vermehrt werden, um sie mittels Gel-Elektrophorese mit anschließender Färbung nachweisen zu können.

2) Nennen Sie die Komponenten, die in der PCR benötigt werden. Es werden ein Template (eine Vorlagen-DNA), eine hitzestabile DNA-Polymerase (Enzym), (desoxy-ribo-) Nukleotide dATP, dCTP, dGTP und dTTP, Vorwärts- und Rückwärts-Primer und eine Pufferlösung benötigt.

3) Nennen Sie die Schritte in einem PCR-Zyklus und erläutern Sie deren Funktion.

Ein PCR-Zyklus besteht aus 3 Schritten:

Im 1. Schritt werden die Wasserstoffbrücken der sich gegenüberliegen den Basen bei 94 Grad Celsius aufgebrochen und es entstehen komple mentäre Einzelstränge der DNA = Denaturierung.

Im 2. Schritt binden die beiden Primer bei Temperaturen zwischen 40 bis 60 Grad Celsius an den jeweiligen komplementären Einzelstrang der DNA = Annealing.

Im 3. Schritt synthetisiert die DNA-Polymerase bei 72 Grad Celsius von den 3'--Enden der Primer ausgehend Template-abhängige neue DNA-Stränge (Ziel-DNA = Target-DNA) = Elongation.

Gelelektrophorese

1) Begründen Sie die elektrische Ladung eines DNA-Makromoleküls in einer alkali-schen Pufferlösung und erläutern Sie die Wanderungsrichtung des DNA-Makromoleküls im elektrischen Feld.

Ein DNA-Makromolekül ist negativ geladen aufgrund der freien negativen Ladungen der Phosphatreste und wandert daher zum Pluspol (Anode).

2) Nachdem die PCR-Produkte in die Geltaschen pipettiert werden, wandern sie durch die Gelmatrix. Begründen Sie die Wanderungsgeschwindigkeiten von großen und kleinen Produkten und leiten daraus ab, an welcher Stelle die jeweiligen Produk-te auf dem Agarose-Gel zu finden sind.

Die kleineren Produkte wandern am schnellsten und befinden sich am Ende des Gels, da sie bei ihrer Wanderung durch die Gelmatrix den geringsten Widerstand erfahren. Die größeren Produkte wandern langsamer wegen des größeren Widerstandes und befinden sich am oberen Ende des Gels.

3) Beschreiben Sie die Visualisierung der DNA im Agarose-Gel.

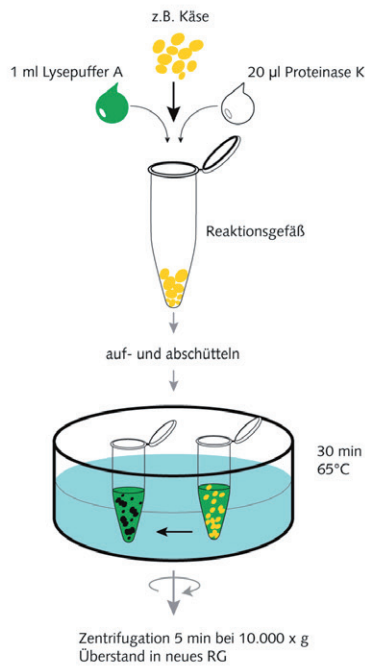
Nach der Gel-Elektrophorese wird ein Farbstoff, z.B. Methylenblau, auf das Gel gege-ben, der sich an die DNA bindet und dadurch die Banden sichtbar macht.



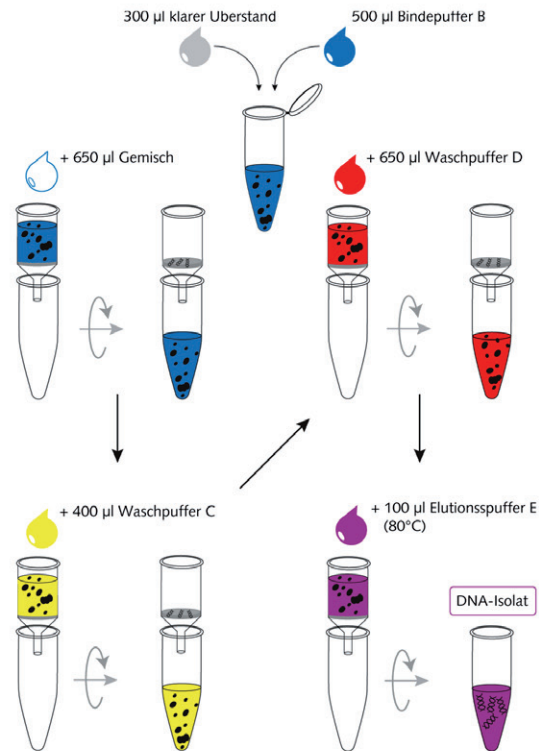
CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH - Rombachstr. 65 - D-66539 Neunkirchen
Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6821 - 94 11-0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

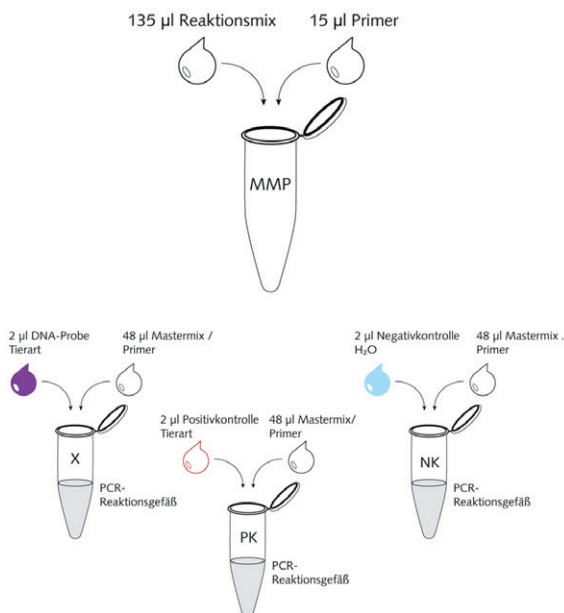
(1) Vorbereitung und Lyse der mitgebrachten Produkte



(2) Gewinnung der DNA aus den lysierten Produkten



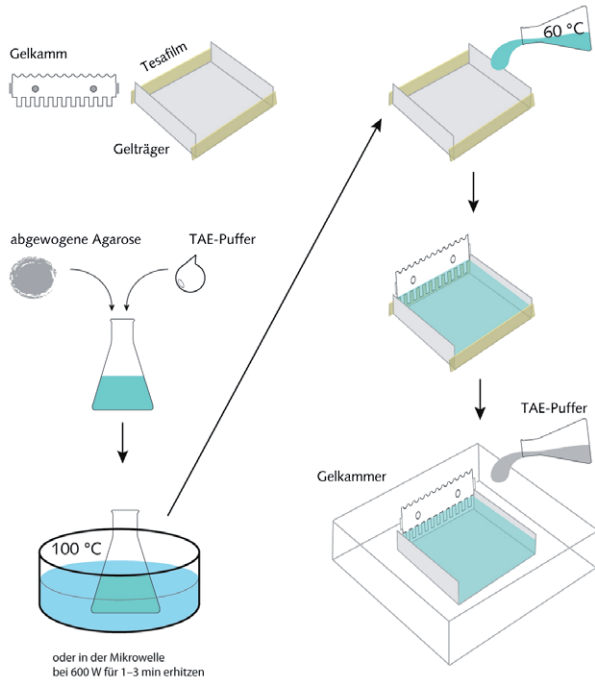
(3) Herstellung des Mastermix mit Primer (MMP) sowie der PCR-Ansätze



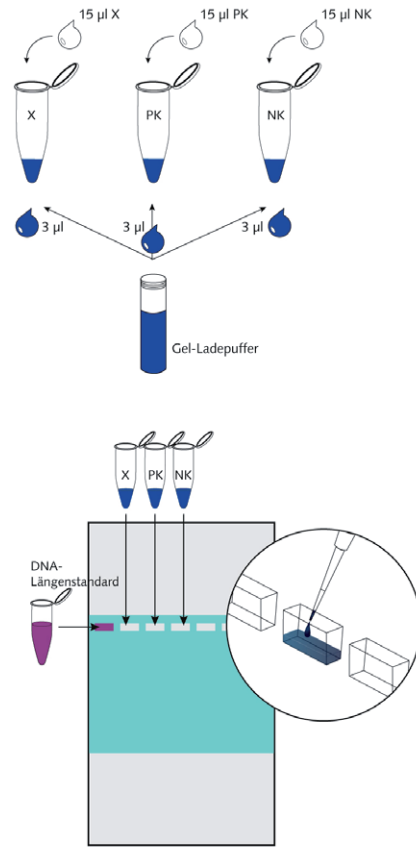
(4) PCR-Programmierung



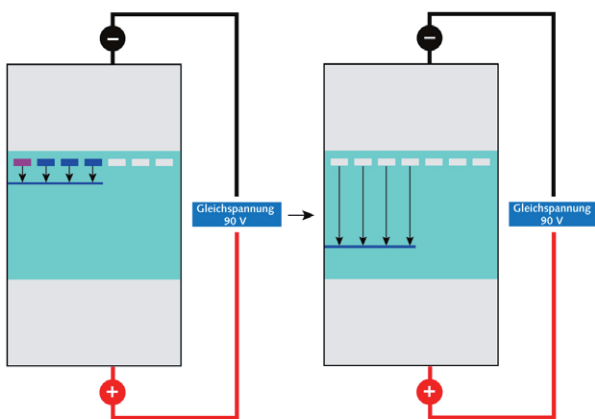
(5) Vorbereitung des Agarose-Gels



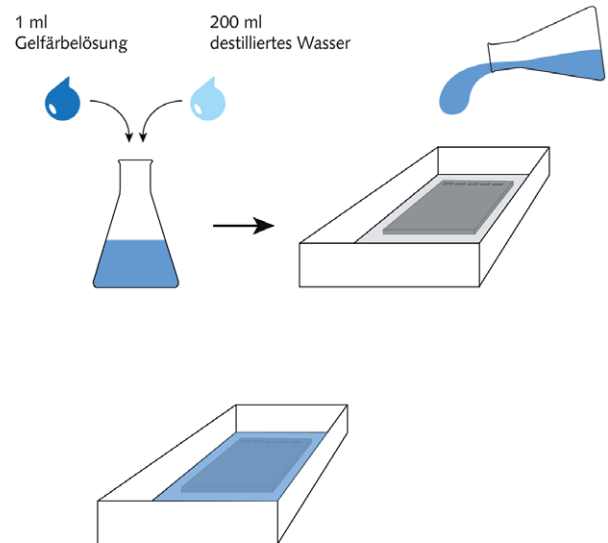
(6) Vorbereitung der Proben für die Elektrophorese



(7) Durchführung der Elektrophorese



(8) Färbung des Gels



Bevor Sie beginnen, lesen Sie bitte die einzelnen Arbeitsschritte und die Sicherheitshinweise auf der letzten Seite!

(1) Vorbereitung und Lyse der mitgebrachten Produkte

- 1a. Feste Lebensmittelprobe (z.B. Wurst oder Käse) wird vorbereitet: Probenmaterial aus verschiedenen Probenbereichen wird homogenisiert und 100–200 mg (ca. 2–5 mm³) des vorbereiteten Probenmaterials in ein 1,5 ml Reaktionsgefäß (RG) überführt.
- 1.1 1 ml klarer Lysepuffer A und
- 1.2 20 µl Proteinase K-Lösung werden in das RG pipettiert. Der Deckel des RGs wird geschlossen, das RG wird zwischen Daumen und Zeigefinger gehalten und mehrfach auf- und abgeschüttelt.
- 1.3 Das RG wird für 30 min im Wasserbad bei 65°C inkubiert und dabei ab und zu auf- und abgeschüttelt.
- 1.4 Die lysierte Probe wird für 5 min bei 10.000 x g zentrifugiert, um nicht-lysierte Bestandteile zu sedimentieren. Der Überstand wird in ein neues RG pipettiert.

(2) Gewinnung der DNA aus den lysierten Produkten

- 2.1 300 µl des Überstandes werden in ein neues 1,5 ml RG pipettiert.
- 2.2 Dazu werden 500 µl Bindepuffer B pipettiert und alles für 30 s ohne Schaumbildung kräftig gemischt.
- 2.3 Ein Auffanggefäß und eine Säule werden kombiniert und der Deckel der Säule mit der Gruppennummer beschriftet.
- 2.4 650 µl des Gemisches werden auf die Säule inkl. Auffanggefäß pipettiert.
- 2.5 Die Säule inkl. Auffanggefäß wird für 1 min bei 10.000 x g zentrifugiert. Danach wird das Auffanggefäß inkl. Durchfluss verworfen.
- 2.6 Die Säule wird auf neues Auffanggefäß gesetzt und 400 µl Waschpuffer C werden hinzu pipettiert.
- 2.7 Zentrifugation für 1 min bei 10.000 x g (s.o.). Das Auffanggefäß inkl. Durchfluss wird verworfen.
- 2.8 Die Säule wird auf neues Auffanggefäß gesetzt und 650 µl Waschpuffer D werden hinzu pipettiert.
- 2.9 Zentrifugation für 1 min bei 10.000 x g (s.o.). Das Auffanggefäß inkl. Durchfluss wird verworfen.
- 2.10 Die Säule wird auf ein steriles und beschriftetes 1,5 ml RG gesetzt.
- 2.11 100 µl des auf 80°C erwärmten Elutionspuffers E werden auf die Säule pipettiert.
- 2.12 Das RG wird für 5 min bei Raumtemperatur stehen gelassen.
- 2.13 Das RG wird für 30 s bei 10.000 x g zentrifugiert.
- 2.14 **ACHTUNG:** jetzt wird nur die Säule verworfen, denn das Eluat im RG enthält die isolierte DNA.
- 2.15 Für die PCR wird die DNA in neuem RG 1:10 verdünnt (z.B.: 5 µl Eluat + 45 µl Elutionspuffer).

(3) Herstellung des Mastermix mit Primer (MMP) sowie der PCR-Ansätze

- 3.1 Ein steriles 1,5 ml RG wird mit „MMP“, dem Kürzel für die jeweilige Tierart (R=Rind; S=Schwein; H=Huhn; P=Pute) und der Gruppennummer beschriftet.
- 3.2 135 µl des Reaktionsmix werden in das beschriftete RG pipettiert.
- 3.3 15 µl Primer der jeweiligen Tierart werden hinzu pipettiert. Durch vorsichtiges Auf- und Abpipettieren werden die Lösungen vermischt.
- 3.4 Die Flüssigkeit wird evtl. ganz kurz zentrifugiert oder es wird vorsichtig auf den Tisch geklopft, so dass sich die gesamte Flüssigkeit wieder am Boden des RGs befindet.

PCR-Ansatz	MMP [µl]	DNA* [µl]	Wasser [µl]
Kürzel Tierart R/S/H/P + Gruppennummer	48	2 (der Probe)	
Positivkontrolle PK + Gruppennummer	48	2 (der Kontroll- DNA)	
Negativkontrolle NK + Gruppennummer	48		2

***ACHTUNG:** Es wird immer eine neue sterile Spitze mit Filter benutzt und vorsichtig auf- und abpipettiert. Nach Zugabe der DNA wird das RG sofort verschlossen.

(4) PCR-Programmierung

Die Programmierung des Thermocyclers wird von der Lehrkraft vorgenommen und sieht wie folgt aus:

1 x	initiale Denaturierung 95°C	3 min
45 x	Denaturierung 95°C	45 s
	Annealing 45°C	45 s
	Elongation 72°C	60 s
1 x	finale Elongation 72°C	5 min
1 x	Kühlung 15°C	∞

Das PCR-Programm dauert ca. 2,5 Stunden.

Die PCR kann auch mit 3 Wasserbädern durchgeführt werden.



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH - Rombachstr. 65 - D-66539 Neunkirchen
 Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6821 - 94 11-0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

(5) Vorbereitung des Agarose-Gels

- 5.1 Der 25fach-konzentrierte TAE-Elektrophoresepuffer wird mit destilliertem Wasser verdünnt (1 ml TAE + 24 ml dest. H₂O).
- 5.2 Der Gelträger wird nach jeweiliger Betriebsanleitung vorbereitet. *Hier:* das obere und untere Ende des Gelträgers wird mit Tesafilm abgedichtet und das Band fest auf die Ecken des Gelträgers gedrückt, so dass keine Flüssigkeit austreten kann. Der Gelkamm wird bereitgelegt.
- 5.3 Die Agarosemenge für ein 1%iges Gel wird abgewogen und in einen 100 ml Erlenmeyerkolben gegeben.
- 5.4 Der 1fach-konzentrierte TAE-Puffer wird im Messzylinder abgemessen und in den Erlenmeyerkolben gegeben.
- 5.5 Die Agarose wird in der Mikrowelle oder im Topf mit kochendem Wasser solange erhitzt, bis sie vollständig aufgelöst und blasenfrei ist. In der Mikrowelle wird der Erlenmeyerkolben mehrmals alle 30 s vorsichtig geschwenkt. Zum Anfassen werden Küchenschuhe getragen. **ACHTUNG:** Die Agarose kann durch Siedeverzug plötzlich herausspritzen.
- 5.6 Die flüssige Agarose lässt man auf ca. 60°C abkühlen. Anschließend wird sie in den Gelträger gegossen.
- 5.7 Danach wird der Kamm gerade eingesteckt. Die Zähne des Kamms dürfen dabei nicht aufliegen. Es müssen sich Taschen mit Boden ausformen können.
Die Agarose erstarren lassen (ca. 20 min). Das Gel erscheint trüb bzw. opak, wenn es gebrauchsfertig ist.
- 5.8 Der Gelträger mit fester Agarose und steckendem Kamm wird in die Gelkammer gelegt und vollständig mit TAE-Puffer überschichtet.
- 5.9 Dann wird der Kamm vorsichtig herausgezogen. Durch die Zähne des Kamms sind in der festen Agarose Geltaschen entstanden, in die später die Proben pipettiert werden.

(6) Vorbereitung der Proben für die Elektrophorese

- 6.1 Pro Gruppe bzw. pro Tierart werden 3 µl Gel-Ladepuffer in die entsprechende Anzahl von kleinen, beschrifteten RGs pipettiert.
- 6.2 Anschließend werden je 15 µl von jedem PCR-Ansatz in die mit Gel-Ladepuffer versehenen RGs pipettiert.
- 6.3 Vor dem Auftragen auf das Gel wird die Lösung in jedem RG vorsichtig zur Durchmischung auf- und abpipettiert.
- 6.4 Die Pipettenspitze mit der Lösung wird über die Öffnung der Geltasche gehalten und die Lösung vorsichtig in die Geltasche pipettiert.
- 6.5 In eine weitere Tasche werden 15 µl des DNA-Längenstandards pipettiert.

(7) Durchführung der Elektrophorese

Die Spannungsquelle mit der geglätteten Gleichspannung wird angeschlossen, dabei befinden sich der Minuspol an der Seite mit den Taschen und der Pluspol an der entgegengesetzten Seite. Die Elektrophorese wird sofort nach dem Auftragen der Proben gestartet. Die angelegte, geglättete Gleichspannung ist abhängig von der verwendeten Gelkammer.

Als Faustregel gilt ein Spannungswert von 5 V /cm Elektrodenabstand.

Der Lauf wird beendet, wenn die untere Farbstoffbande des DNA-Längenstandards ca. ¾ der gesamten Gellänge erreicht hat.

Beispiel: 90 V für 30 min

(8) Färbung des Gels

8.1 Vorbereitung der DNA-Färbelösung: 1 ml des Konzentrats der Gelfärbelösung wird mit 200 ml destilliertem Wasser verdünnt.

ACHTUNG: Um Verfärbungen von Kleidung oder Haut vorzubeugen, wird mit Handschuhen und Laborkittel gearbeitet.

8.2 Nach der Elektrophorese wird das Agarose-Gel mit dem Küchen-Pfannenwender vorsichtig in die Gelfärbeschale übergeführt und mit der Färbelösung übergossen.

8.3 Das Gel wird 10–15 min gefärbt. Damit eine gleichmäßige Färbung erzielt wird, sollte die Schale während des Färbens hin und wieder leicht geschwenkt werden.

8.4 Anschließend wird die Färbelösung in eine Aufbewahrungsflasche abgegossen und das Gel mit Leitungswasser solange entfärbt, bis der Hintergrund ausreichend entfärbt ist.

Während des Entfärbens werden die DNA-Banden im Gel sichtbar. Die blau-gefärbten DNA-Banden können durch Fotografieren des Gels im Durchlicht (z.B. auf einem Leuchtkasten zur Dia-Betrachtung) dokumentiert werden.



Impressum

Verantwortlich für die Entwicklung und den Inhalt des Tierart-Kit

BEHRENS – LABORTECHNIK

Bultmannstr. 27a
D-33330 Gütersloh

Tel.: +49 (0)5241 - 92 75 69
Fax: +49 (0)5241 - 92 75 71

E-Mail: info@behrens-labortechnik.de
Internet: <http://www.behrens-labortechnik.de>

Vertrieb des Tierart-Kit



CONATEX-DIDACTIC LEHRMITTEL GMBH

Rombachstrasse 65
66539 Neunkirchen / Deutschland

Tel.: +49 (0)6821 - 94 11-0
Fax: +49 (0)6821 - 44 11

E-Mail: didactic@conatex.com
Internet: <http://www.conatex.com>

Kostenfreie Rufnummern in D, CH, A und L:

Kundenservice: 00800 0266 2839 (008000 CONATEX)

Bestellfax: 00800 0266 2329 (008000 CONAFAX)

(Ihr Telefon/Fax muss für Auslandsgespräche freigeschaltet sein)

Text: Dr. Meinhard Behrens (Behrens-Labortechnik),
Dr. Birgit Heyduck und Dr. Eckhard R. Lucius (IPN)

Layout und Grafik: Verena Hane und Emanuel Kaiser (IPN)



IPN · Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
an der Universität Kiel



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH - Rombachstr. 65 - D-66539 Neunkirchen
Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6821 - 94 11-0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.