

NEIGEN WASSERTIERCHEN ZUR KLUMPENBILDUNG ?

EIN PROJEKT FÜR SCHÜLER DER UNTERSTUFE

P. J. PAGE

Übersetzt von M. Olschewski

Praktische Experimente in der Biologie werfen oft Probleme der Datensammlung, -darstellung und -analyse auf. Der Autor beschreibt ein einfaches Experiment und demonstriert, wie die entstandenen Probleme von dreizehnjährigen Schülern in Angriff genommen wurden.

EINLEITUNG

In zunehmendem Maße wird anerkannt, daß die Benutzung echter Daten und die Erfahrung, die man durch Planung und Durchführung statistischer Experimente erlangt, die wesentlichen Komponenten eines Statistikuterrichts in den ersten Phasen darstellt. Während meiner Teilnahme an einer Tagungsreihe am Mathematischen Institut der Universität Southampton begann ich dieses ziemlich anspruchsvolle Langzeitprojekt unter diesen Gesichtspunkten mit einer dritten Klasse an meiner Schule. Es erwies sich als anspruchsvoll sowohl hinsichtlich der Dauer, als auch wegen des teilweise relativ komplexen Materials. Im Endeffekt war es jedoch sehr lohnenswert. Es ermöglichte mir den Unterricht in einer sehr praxisorientierten Art und Weise. Zu oft erweist sich auf dieser Stufe, daß deskriptive Statistik als langweilig und ziemlich sinnlos erscheint. Hier jedoch war die Klasse ständig in die Suche nach befriedigenden Antworten zu den gestellten Fragen mit einbezogen. Ich hoffe, daß dieser Artikel anderen Lehrern Anregung für Projekte mit gleichaltrigen Schülern vermittelt.

DAS PROJEKT

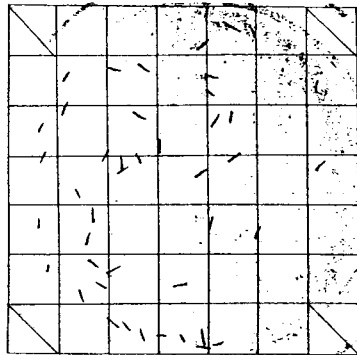
Ausgewählt wurde eine ziemlich einfache Fragestellung aus der Biologie, um die Interdisziplinarität der Statistik schon im frühen Stadium zu verdeutlichen. Das Problem bestand darin, sich eine Meinung darüber zu verschaffen, ob Stämme von gewissen kleinen Wassertierchen (*Daphnia* und *Thysanura*) zur Klumpenbildung neigen oder zufällig verteilt sind.

Die Schüler müssen schon im frühesten Stadium an der Planung des Experiments beteiligt werden. Zweckmäßigerweise kann man im Unterricht so vorgehen, daß versucht wird, wenn auch möglicherweise erfolglos, sämtliche späteren Eventualitäten zu berücksichtigen. Das erste Problem besteht darin, die Standorte der einzelnen Wassertierchen zu einem bestimmten Zeitpunkt für die weitere Analyse festzuhalten. Dafür bietet sich hier lediglich die Technik des Photographierens an. Die Art des Photographierens wirft jedoch gleich viele andere Probleme auf, die die Schüler unter Anleitung selbst entdecken sollen. Z.B.:

- (i) Spielt die Höhe der Flüssigkeit, aus der photographiert werden soll, eine Rolle ?
- (ii) Spielt die Position und Stärke der Beleuchtung eine Rolle ?
- (iii) Wie lange soll man nach einer Bewegung der Flüssigkeit warten, bis man photographiert ?
- (IV) Wie groß soll die Population der Tierchen mindestens sein ?
- (V) Welcher Film, welche Belichtungszeit und welcher Hintergrund ergeben die besten Resultate und wieviele Photos sollen gemacht und analysiert werden ?

Diese und andere Probleme - die Liste ist nicht vollständig - werden vom Lehrer und den Schülern erarbeitet und diskutiert. Die Lösungen bzw. Kompromisse stellen eine wichtige Übung dar. Ich werde hier absichtlich keine präzisen Angaben über unsere Antworten zu den Problemen machen, da ich es bei einem derartigen Projekt für wichtig halte, daß die Klasse sieht, daß der Lehrer selbst seine Schierigkeiten mit dem Experiment hat. Deshalb habe ich die auftretenden Probleme lediglich skizziert.

Foto der Wassertierchen und Gitternetz



DIE GEWINNUNG DES DATENMATERIALS

Anhand der gemachten Fotos besteht die nächste Phase in der Analyse der so erhaltenen Positionen der Tierchen mit dem Ziel zu entscheiden, ob Klumpenbildung vorliegt. Durch vorsichtiges Befragen wie: 'Wie viele denken, daß rechts unten mehr sind als woanders?' oder 'Wie könnte man das aufschreiben ergibt sich aus der Diskussion wie selbstverständ-

lich Gitterraster für die Fotos zu benutzen, die die Fläche in einzelne Zellen aufteilen. In diesem Stadium gab ich jedem Schüler Photokopien der Fotos, damit sie ihr eigenes Gittersystem entwerfen konnten. Ich schlug ein System vor, das durchschnittlich ein Tierchen pro Zelle ergeben sollte, doch konnten die Schüler von diesem Vorschlag abweichen, wenn sie untersuchen wollten, ob eine Änderung dieses Parameters einen Einfluß ausübt. Dann wurden Häufigkeitstabellen der Anzahl der Tierchen pro Zelle aufgestellt, was jedoch sofort neue Probleme aufwarf und zwar z.B. die Frage, was mit den verschiedenen Tierchen geschehen sollte, die gleichzeitig in zwei oder mehr Zellen lagen. Das wiederum bot willkommenen Anlaß, einmal zu sehen, wie man mit unvorhergesehenen Problemen fertig wird. Die Antwort muß hierbei in einer klaren Entscheidung liegen, wie etwa: 'Zähle es zu der Zelle, in der der größte Teil der Körperfläche liegt' oder: 'Zähle es stets zur unteren Zelle, wenn es exakt in der Mitte zwischen zwei Zellen liegt'. Dies war vor Beginn der Zählung festgelegt worden. Probleme dieser Art ergeben sich unweigerlich wenn man reale Daten sammelt, und meiner Meinung nach ist das Erkennen und Lösen dieser Probleme wichtig; leider werden sie jedoch oft im Unterricht dieses Niveaus übergangen.

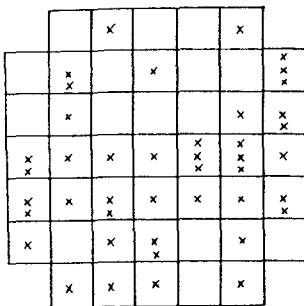
AUSWERTUNG DER RESULTATE

Die Schüler besitzen nun Datenmaterial, aus dem sie Häufigkeitstabellen und -kurven herstellen, eventuell berechnen sie die durchschnittliche Zahl der Tierchen pro Zelle. Eine derartige Reihe von Resultaten ist unten dargestellt. Wie weit kann man jetzt noch gehen? Ein χ^2 -Test für eine Poissonverteilung ist hier offensichtlich unangebracht, da die Kenntnis der theoretisch zu erwartenden Verteilung mathematische Techniken

auf dem A-Level erfordert. Jedoch kann auf die Frage: 'Wie soll man weiter vorgehen, wenn sie offensichtlich nicht zufällig verteilt sind?' von Schülern die Antwort: 'Man muß mit einem bekannten zufälligen Muster vergleichen !

Dies führt zu einem anderen interessanten Teil des Projekts, der Erzeugung eines als solchem akzeptierten Zufallsmusters vom gleichen Umfang wie die Zahl der Tierchen. Falls es die Zeit erlaubt, sollte man sämtliche Vorschläge der Schüler dazu ausprobieren, vom Anzeichnen mit verbundenen Augen bis zur Benutzung von Würfeln, um ein Paar von Zufallskoordinaten in einem Netz, das dem vorher benutzten ähnelt, zu erzeugen. Beide genannten Methoden sind nur begrenzt anwendbar. Würfel z.B. begrenzen die Simulation auf 36 Zellen, falls man nicht 10- oder mehrflächige Würfel benutzt. Für den direkten Vergleich mit dem lebenden Material werden jedoch wahrscheinlich mehr als 100 Zellen nötig sein, besonders für die zahlreich auftretende Art Daphnia.

HÄUFIGKEITSTABELLE



Erwar- Simu-
Besetzungs- tete
zahl in Häufig- lierte
Zelle (x_i) keit Häufig-
keit

Erwartete Häufigkeit	Simulierte Häufigkeit
0	18
1	16
2	7
3	3
4	1
	0

Simuliertes Muster

In diesem Stadium nahm ich die Gelegenheit wahr, Tabellen

von Zufallszahlen einzuführen. Mir scheint, je früher diese eingeführt werden, desto besser werden sie akzeptiert. Hier hat man den Vorteil, daß man eine bestimmte Absicht damit verfolgt. Sie sind Mittel zum Zweck und kein Selbstzweck. Die Schüler verstanden, daß Häufigkeitstabellen von Einzelziffern sich wie Zufallsziffern selbst verhielten. Indem man von einem beliebigen Punkt der Tabelle aus startet, arbeitet man die Zufallszahlen systematisch durch, wobei man die Häufigkeiten jeder Ziffer aus einer Reihe von 100 Zufallsziffern bestimmt. Wenn die Tabelle wirklich zufällig ist, wird man erwarten, daß jede der 10 Ziffern mit ungefähr der gleichen Häufigkeit erscheint. Dies ergibt ein annähernd glattes Histogramm unabhängig vom Startpunkt in der Tabelle. Paare von Zufallszahlen werden dann benutzt, um Koordinatenpaare (x,y) zu bilden. Hierdurch simuliert man die Positionen der Tierchen. Diese Muster werden dann in derselben Art wie die experimentellen Daten analysiert und die beiden Häufigkeitskurven aufeinandergelegt. Die Schüler sind damit in der Lage, die Antwort zum ursprünglichen Problem, ob Wassertierchen zur Klumpenbildung neigen, zumindest qualitativ zu entscheiden.

