

**Eikes Baumschule -
Entwicklung und Evaluation einer
Online-Bestimmungshilfe für Kinder**

Von der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe

zur Erlangung des Grades einer

Doktorin der Philosophie

genehmigte Dissertation von

Denise Feketitsch

aus

Karlsruhe

2013

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans-Joachim Lehnert

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Petra Lindemann-Matthies

Fach: Biologie

Abgabetermin der Dissertation: 18. Februar 2013

Zusammenfassung

Die fortschreitende Abnahme der Biodiversität gehört zu den bedeutendsten Umweltproblemen weltweit. Das Verschwinden biologischer Vielfalt wird jedoch von der Bevölkerung kaum erkannt. Um Vielfalt in der Natur überhaupt wahrzunehmen ist es nötig, verschiedene Tier- und Pflanzenarten unterscheiden zu können. Da die Grundlage für diese Artenkenntnis idealer Weise in der Grundschulzeit geschaffen wird, besteht ein großer Bedarf an geeigneten Unterrichtsmaterialien, zum Beispiel in Form von Bestimmungshilfen. Ein wichtiges Hilfsmittel zur Identifizierung von Tier- und Pflanzenarten sind dichotome Bestimmungsschlüssel. In jedem ihrer Bestimmungsschritte wird die Entscheidung zwischen zwei sich gegenseitig ausschließenden Ausprägungen eines Merkmals verlangt. Die Wahl für eine der beiden Beschreibungen führt zur nächsten Entscheidungsfrage und am Ende zum Bestimmungsergebnis. Bei der Verwendung dichotomer Bestimmungsschlüssel werden genaues Betrachten und das Erkennen von Ähnlichkeiten und Unterschieden geübt, was bei Kindern die Fähigkeit zum Ordnen und Klassifizieren von Organismen fördern könnte.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein dichotomer Online-Bestimmungsschlüssel für Laubbäume für die Anwendung in der Grundschule entwickelt. Der Schlüssel kann auch offline verwendet oder ausgedruckt werden. Dabei ist er sehr flexibel einsetzbar. Er ermöglicht die Bestimmung einer großen Zahl an Baumarten, lässt sich aber auch individuell auf eine kleinere Artenauswahl reduzieren. In diesem Fall werden die nicht notwendigen Beschreibungen und Bestimmungsschritte automatisch unterdrückt. Der Bestimmungsschlüssel konnte aufgrund der hohen Nachfrage mit einer großen Zahl an Befragten evaluiert werden. Diese Daten wurden durch eine Studie mit Schulkindern ergänzt. Dabei zeigten sich unter anderem die hohe Akzeptanz und die gute Anwendbarkeit des Unterrichtsmaterials.

In einer explorativen Studie mit Grundschulkindern wurde der Einfluss von Bestimmungsübungen auf die Fähigkeit zum Anwenden von Kriterien und zum Unterscheiden von Baumarten anhand der Laubblätter untersucht. Dabei wurde der dichotome Bestimmungsschlüssel gegen einen einfachen Objekt-Bild-Vergleich getestet. Vor und nach einer Reihe von Bestimmungsübungen wurde die Fähigkeit zum Ordnen von Laubblättern ermittelt und verglichen, welche Metaphern und Kriterien die Kinder beim Beschreiben der Unterschiede zwischen Laubblättern verwendeten. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Kinder, die einen dichotomen Bestimmungsschlüssel verwendet hatten, Arten sicherer unterscheiden und Kriterien präziser anwenden können als Kinder, die in den Bestimmungsübungen nur mit dem Objekt-Bild-Vergleich gearbeitet hatten.

Abstract

The accelerating decline in biodiversity is one of the most urgent environmental issues globally. However, it is hardly recognized by the public. Without knowledge about and the ability to distinguish plant and animal species, people might not recognize variety in nature. As knowledge about species is mainly acquired during primary-school age, teaching material for children of that age should be provided. Such material could include simple identification keys. Already at primary-school age, children are able to use such keys effectively. A major tool for identifying plant and animal species are dichotomous keys. A dichotomous key presents two mutually exclusive statements on certain characteristics and a decision has to be made between the two statements. On selecting one, the next couplet choice in the key is presented until eventually an identification can be made. By forcing children to closely look at objects and to identify similarities and differences, dichotomous keys may help to foster children's ability to group and classify organisms with the help of certain criteria.

In this thesis, an online dichotomous identification key for deciduous trees for use in primary schools was developed. The key can be downloaded for offline use or printing, and is rather flexible. It allows the identification of a large number of tree species, but also the manual selection of only some of them. In this case, all unnecessary descriptions and identification steps are automatically suppressed. The usability of the identification key was tested in schools, but also via the internet with a large number of respondents. The results showed a need for an identification key for primary school children, and indicated usefulness of the key developed.

In an explorative study, the influence of identification exercises on primary school children's ability to distinguish tree species by their leaves was investigated. The dichotomous identification key was tested against a simple object-picture-comparison. Before and after the treatment (several lessons with identification tasks), children's ability to sort leaves was tested and the use of metaphors and criteria in the descriptions of morphological differences compared. The results indicated that children who were experienced with a dichotomous key distinguished species more clearly and also used criteria more precisely than children who had worked with the object-picture-comparison.

Inhalt

Zusammenfassung

Abstract

1	Einleitung	1
1.1	Formenkenntnis im Unterricht.....	1
1.2	Bäume im Unterricht	2
1.3	Zu erwartender Zeitpunkt der Baumbestimmung im Unterricht gemäß der Bildungspläne.....	5
1.4	Bedeutung von Bestimmungsübungen im Unterricht	6
1.5	Ziel der Arbeit	8
2	Teil I: Entwicklung eines Bestimmungsschlüssels für Kinder	10
2.1	Einleitung.....	10
2.1.1	Übersicht über die Formen von Bestimmungsschlüsseln	10
2.1.2	Bestimmungshilfen: multimedial und interaktiv	19
2.1.3	Lernsoftware in der Grundschule	21
2.1.4	Gestaltung von Software für Kinder	21
2.1.5	Eignung morphologischer Eigenschaften als Unterscheidungskriterien	22
2.1.6	Die Relevanz „exotischer“ Baumarten in der Alltagsumgebung.....	28
2.2	Methode	29
2.2.1	Leitlinien für die Entwicklung einer kindgerechten Bestimmungshilfe.....	29
2.2.2	Auswahl der Baumarten nach ihrer Relevanz.....	31
2.3	Ergebnisse	34
2.3.1	Taxonomische Ebene der Bestimmungsergebnisse und ausgewählte Arten	34
2.3.2	Ausgewählte Bestimmungskriterien	41
2.3.3	Gewählte Form der Bestimmungshilfe	42
2.3.4	Kindgerechte Gestaltung.....	46
2.3.5	Strukturierte Artbeschreibungen	48
2.3.6	Praktikabilität durch hohe Flexibilität.....	51
2.3.7	Verfügbarkeit für eine große Gruppe an Interessierten.....	52
2.4	Diskussion	52
3	Teil II: Evaluation der Bestimmungshilfe	55
3.1	Charakterisierung der Bestimmungshilfe im Hinblick auf ihre Evaluation	55
3.2	Kriterien der Evaluation.....	56
3.3	Die Analyse der Nutzung von „Eikes Baumschule“	59
3.3.1	Datenquellen	59
3.3.2	Auswertung.....	60
3.3.3	Ergebnisse.....	61
3.4	Praxistest.....	87

3.4.1	Probanden und Gruppeneinteilung	87
3.4.2	Durchführung.....	87
3.4.3	Ergebnisse.....	90
3.5	Diskussion	96
3.5.1	Erreichbarkeit der Zielgruppen	96
3.5.2	Aufgabenangemessenheit.....	97
3.5.3	Selbstbeschreibungsfähigkeit.....	99
3.5.4	Steuerbarkeit.....	101
3.5.5	Erwartungskonformität.....	102
3.5.6	Fehlerrobustheit.....	103
3.5.7	Individualisierbarkeit	105
3.5.8	Lernförderlichkeit	108
4	Teil III: Kompetenzerwerb durch Bestimmungsschlüssel	110
4.1	Mit Begriffen und Metaphern zum kriteriengeleiteten Vergleichen.....	110
4.1.1	Erkennen von Unterscheidungskriterien beim Vergleichen von Laubblättern.....	111
4.1.2	Die Metaphern der Fachsprache	111
4.1.3	Fragestellung	114
4.2	Methodik.....	114
4.2.1	Pre- und Posttests	115
4.2.2	Treatment.....	117
4.2.3	Auswertung.....	119
4.3	Ergebnisse	120
4.3.1	Erläuterung der Tabellen	120
4.3.2	Vergleich der verwendeten Metaphern und Begriffe	121
4.3.3	Verwendung von Kriterien und Entwicklung beim Ordnen der Laubblätter.....	131
4.4	Diskussion	137
4.4.1	Unterschiede in der Verwendung von Metaphern bei Kindern und Biologen.....	137
4.4.2	Einfluss des Bestimmungsschlüssels auf verwendete Kriterien und das Ordnen	140
4.4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Studie	141
5	Ausblick.....	143
5.1	Anregungen für den vorbereitenden Unterricht.....	143
5.2	Anregungen für die Optimierung von Bestimmungshilfen.....	144
5.3	Anregungen für weiterführende Studien	145
6	Literatur	147
Anhang		

1 Einleitung

Die fortschreitende Abnahme der Artenvielfalt weltweit (Millennium Ecosystem Assessment 2003) wird von den meisten Menschen unserer Gesellschaft nicht wahrgenommen. Dies liegt unter anderem daran, dass gerade in wohlhabenden und stark industrialisierten Gegenden die Artenkenntnis sehr gering ist (Pilgrim 2007). Gleichzeitig wird die Zahl der vorhandenen Arten von der Bevölkerung stark überschätzt, was ihren Rückgang weniger gravierend erscheinen lässt (Lindemann-Matthies 2010). Naturschutzmaßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität werden nur dann von der Bevölkerung unterstützt, wenn Artenvielfalt als wertvoll und deren Rückgang als Problem wahrgenommen wird (Lindemann-Matthies 2010). Wertschätzung und Kenntnisse von Biodiversität können und sollten durch eine intensive Auseinandersetzung mit der Natur und durch das Kennenlernen von Arten und ihrer Vielfalt bereits im Grundschulunterricht gefördert werden (Klee & Weiß 1995, Lehnert 1999).

1.1 Formenkenntnis im Unterricht

Nachdem sich der klassische Naturkundeunterricht früher hauptsächlich mit der Morphologie ausgewählter Tier- und Pflanzenarten befasste, verschob sich der Schwerpunkt im 20. Jahrhundert zunächst zunehmend von speziellen auf allgemeinbiologische Inhalte. Aufgrund des starken Defizits an Arten- bzw. Formenkenntnissen¹ bei Schulkindern und Studierenden (Hesse 1983, Lehnert 1999, Scherf 1988) begann die Biologiedidaktik in den 1980er Jahren, sich auf die Bedeutung von Formenkenntnissen zurückzubedenken – zu denen nach Sturm (1982) auch der Umgang mit Bestimmungshilfen gehört – und neue Konzepte für deren Vermittlung zu finden. Im Gegensatz zur klassischen Naturkunde sollten nun Auswahl und Vermittlung von Tier- und Pflanzenarten nach deren Relevanz für Schulkinder, Gesellschaft und Wissenschaft erfolgen (Stichmann 1994). Ziel war eine mehrperspektivische Vermittlung von Formenkenntnissen (Köhnlein 1999; Mayer 1992) durch ergänzende Behandlung unterschiedlicher Aspekte wie Ökologie und Umweltschutz, allgemeinbiologisch-physiologische Lebenserscheinungen, Biodiversität, Systematik, Naturerleben in der Freizeit sowie Nutzen oder Schaden für den Menschen (Mayer 1992), die einen thematischen Zugriff auf die Inhalte entsprechend der

¹ Während Artenkenntnis sich auf die systematische Ebene der Art bezieht, gehören zur Formenkenntnis auch Kenntnisse von höheren systematischen Einheiten wie Gattungen oder Familien, ohne genaue Arten benennen zu können.

Interessen und Vorkenntnisse ermöglicht (Köhnlein 1999). Hammann (2002) zeigte, dass dieser mehrperspektivische Zugang bei Schülerinnen und Schülern die Fähigkeit zum kriteriengeleiteten Vergleichen von Lebewesen fördern kann (vgl. Kapitel 1.4, 4.1).

Je weniger selbstverständlich reflektierte Naturbegegnungen in der Gesellschaft sind, desto wichtiger ist es, Kinder im Rahmen des Schulunterrichts an Formenkenntnisse heranzuführen. Der beste Zeitpunkt hierfür sind die ersten Schuljahre, da die meisten Formenkenntnisse bei Erwachsenen noch auf die Grundschulzeit zurückgehen (Lehnert 1999). Danach nimmt das biologische Interesse, vor allem an botanischen Inhalten, ab (Hesse 1984). Bei Kindern ist noch eine starke intrinsische Motivation vorhanden, die sich zum Beispiel im Neugier- und Explorationsverhalten bei Kleinkindern äußert (Krapp & Ryan 2002). Es handelt sich nach der Selbstbestimmungstheorie um eine nicht von außen durch Belohnung oder Zwang beeinflusste Form von Motivation, die vor allem durch das Erleben von Kompetenz und das Gefühl, selbstbestimmt zu handeln, gefördert wird (Krapp & Ryan 2002). Beim Vermitteln von Formenkenntnissen ist vor allem eine Übereinstimmung der Aufgabenstellung mit eigenen Interessen und Prioritäten förderlich.

1.2 Bäume im Unterricht

Es gibt viele Gründe weshalb gerade Bäume für eine Auseinandersetzung mit Biodiversität und Formenkenntnis geeignet sind.

Die Rolle des Waldes für die Gesellschaft

Obwohl Deutschland zu den bevölkerungsreichen Ländern Europas gehört, ist knapp ein Drittel seiner Fläche von Wald bedeckt, so dass auf sieben Einwohner ein Hektar Wald kommt (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2002). Noch walddreicher sind unsere Nachbarländer Schweiz, Österreich und Frankreich. Allgemein kann man sagen, dass Mitteleuropa landschaftlich sein Gesicht durch den Wald erhält. Doch auch unbewaldete Kulturlandschaften sind durch Bäume geprägt, zum Beispiel durch Pappelalleen, Streuobstwiesen oder Dorflinden (Laudert 2004). Spätestens Ende des neunzehnten Jahrhunderts erkannten Stadtverwaltungen den Wert der Straßen-, Park- und Hinterhofbäume (Stadt Karlsruhe 1998), so dass die gesellschaftliche Bedeutung der Bäume weit über den Wald hinausgeht. Stadtparks sind geprägt von alten Bäumen, und die Gestaltung von Wohnblocks und Hinterhöfen mit Bäumen soll die Lebensqualität erhöhen (Stadt Karlsruhe 1998).

Die Rolle der Bäume in der Lebenswelt der Kinder

Von Spielplätzen und Schulhöfen sind Bäume nicht wegzudenken. Wenn Kinder im Freien spielen, sind sie oft von Bäumen umgeben. Sie integrieren die Bäume in ihre Spiele und Naturbeobachtungen (Blinkert, Reidl & Schemel 2005). Bäume können Klettergerüste oder Zählbäume beim Versteckspiel sein. Blätter, Zweige und Früchte dienen als Bastelmaterial. Wenngleich die Kinder oft die Baumart nicht kennen, entwickeln sie doch ein individuelles, emotionales Verhältnis zu einzelnen Bäumen (Civelli 1992).

So wie den Schulweg muss man auch das Schulgelände als einen wichtigen Erfahrungsraum von Kindern erkennen und fördern (Civelli 1992; Lehnert 2001; Lindemann-Matthies 2002). Welche Rolle Schulhöfe oder allgemein Naturräume im Siedlungsbereich für Kinder spielen, zeigt eine Studie aus den USA (Simmons 1994). Schülerinnen und Schüler, die nach ihren Vorlieben für unterschiedliche Umgebungen vom Wald bis zum Schulhof gefragt wurden, bevorzugten Schulhöfe und Naturräume in der Stadt. In den Antworten war das Vorhandensein oder Fehlen von Bäumen ein wichtiger Aspekt. So bargen Bäume an urwüchsigen Standorten aus Sicht der Kinder eher Gefahren, während ihre Anwesenheit im Siedlungsbereich als positiv beziehungsweise ihr Mangel als negativ dargestellt wurde. Bäume sind wichtige Gestaltungselemente, die nicht nur hässliche Fassaden und Asphaltflächen kaschieren, sondern auch in Spiele integriert werden. Sie dienen als Treff- und Versammlungspunkt oder als Rückzugsgebiet und stellen so einen eigenen Frei- und Aktionsraum dar (Blinkert, Reidl & Schemel 2005), wie das zum Beispiel bei Höhlen unter Hängebuchen oder einem schönen Kletterbaum der Fall ist.

Wird die kindliche Beziehung zu den Schulhofbäumen im Unterricht aufgegriffen, findet eine wichtige Integration der Schulumgebung in den Schulalltag statt. Die Unterrichtswelt wird gewissermaßen über das Klassenzimmer und die Fachräume hinaus erweitert. Bei Begegnung mit Organismen auf dem Schulgelände wird der Kenntniserwerb durch eine authentische Lernumgebung verbessert. Die Wahrnehmung der alltäglich erlebten Natur wird mit der Zeit differenzierter, und gerade naturkundlich Geschulte entwickeln einen routinierteren Blick auf die Pflanzen und Tiere ihre Umgebung.

Eignung für Langzeitbeobachtungen

Jahreszeiten sind ein wichtiges Unterrichtsthema der Primarstufe (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004). Durch seine Präsenz im ganzen Jahresverlauf und Erscheinungen wie Knospenaustrieb, Blüte, Fruchtreife, Herbstfärbung und Blattfall können Kinder auf dem Schulgelände nachvollziehen, wie ein Baum sich im Jahresverlauf verändert. Durch Aufgreifen der noch sehr anthropomorphen und anthropozentrischen kindlichen Vorstellungen (Gebhard 2009) lässt sich am lebenden Objekt erarbeiten, dass es sich bei einem Baum um ein Lebewesen mit einem Vegetationszyklus, also mit jahreszeitlichen Veränderungen, handelt (Masuch 2004). Bäume aus der unmittelbaren Umgebung werden bewusster wahrgenommen, wenn Kinder konkrete Aufgaben, zum Beispiel in Form von Baumpatenschaften, zur Beobachtung erhalten.

Affektiver Zugang zur Natur und deren Schutz

Bei der Pflege von Pflanzen nimmt, ähnlich wie bei Heimtieren, die Pflegeperson individuelle Charakterzüge an diesen wahr, und es entsteht eine affektive Bindung (Gebhard 2009). Allgemein steigert die Beobachtung und intensive Auseinandersetzung mit Arten deren Wertschätzung. Immer wieder wird der Zusammenhang von Artenkenntnis und schützender Einstellung gegenüber der Natur betont (Mayer 1992; Unterbruner 2006). Bei Personen, die sich im Umweltschutz engagieren, ging oft eine Beschäftigung mit Arten voraus (Klee & Weiß 1995).

Systematisieren und Bestimmen von Baumarten

Während Schülerinnen und Schüler Tiere vor allem nach ihrer Lebensweise und Fortbewegung ordnen (Sonnefeld & Kattmann 2002), richten sie sich bei Pflanzen in erster Linie nach deren Aussehen (Krüger & Burmester 2005) und wenden damit von sich aus Kriterien an, die in Bestimmungsschlüsseln zur Anwendung kommen. Bäume sind besonders geeignete Bestimmungsobjekte, da sie, anders als Tiere und krautige Pflanzen, das ganze Jahr über am selben Ort zu finden und auch ohne Lupe sicher zu bestimmen sind. Da die Bestimmung über die Laubblätter möglich ist, sind Bestimmungsübungen nicht an die Blütezeit gebunden, sondern können bei Nadelbäumen ganzjährig und bei Laubbäumen immerhin fast ein dreiviertel Jahr lang erfolgen. Auch andere vegetative Pflanzenteile wie Borke, Zweige und Winterknospen können als Unterscheidungskriterien dienen und ermöglichen die Bestimmung von Laubbäumen im Winter (Hecker 2008). In seltenen Fällen ist sogar die Verwandtschaft von Baumarten anhand ähnlicher Blattformen und/oder Fruchtformen erkennbar. Beispiele hierfür sind die Gattungen *Quercus* (Eiche), *Acer* (Ahorn) und *Cornus* (Hartriegel).

Ähnliche Arten lassen sich leichter unterscheiden und merken, wenn morphologische Besonderheiten bereits im Artnamen erkennbar sind. Ein solcher direkter Merkmalsbezug, aber auch Bezüge zur Lebensweise, zum Standort oder zur Nutzung erleichtern das Lernen von Tier- und Pflanzennamen (Randler & Metz 2005). Vor allem aus Ostasien oder Nordamerika eingeführte Baumarten tragen oft Namen mit direktem Merkmalsbezug wie zum Beispiel Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*), Trompetenbaum (*Catalpa bignonioides*) oder Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*).

1.3 Zu erwartender Zeitpunkt der Baumbestimmung im Unterricht gemäß der Bildungspläne

Die Vermittlung von Formenkenntnissen wird als unterrichtsrelevant eingeschätzt und sollte bereits in der Primarstufe durchgeführt werden. Ein Blick in die Bildungsstandards von Baden-Württemberg zeigt, dass sich der Einsatz einer multimedialen Bestimmungshilfe im Unterricht thematisch am besten mit den Bildungsplänen der Klassenstufen 3 bis 6 vereinbaren lässt und daher von Lehrkräften vermutlich bevorzugt in diesen Klassenstufen durchgeführt wird:

- **Grundschule, Mensch, Natur und Kultur, Klasse 3 und 4** (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004a)

„Die Schülerinnen und Schüler können Techniken (...) der **Orientierung in der Artenvielfalt**, des **Vergleichs an Kriterien** und des **Entwickelns von Ordnungssystemen anwenden**“ und „(...) **technische und mediale Hilfsmittel zur selbstständigen Informationsbeschaffung über Naturphänomene verwenden**.“

Inhalt: „Wald als naturnaher Lebensraum“

- **Haupt- und Werkrealschule, Mensch, Natur und Technik, Klasse 5 und 6** (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004b)

„Die Schülerinnen und Schüler können **Lebewesen sinnvoll klassifizieren**“ und „(...) **kennen und bestimmen heimische Wild- und Nutzpflanzen**.“

Inhalt: „Beispiele für Lebensformen aus Flora und Fauna.“

- **Realschule, Naturwissenschaftliches Arbeiten, Klasse 5-10** (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004c)

„Durch **Sammeln, Ordnen und Bestimmen** (...) können die Schülerinnen und Schüler Vielfalt, Struktur und Funktion lebender Systeme verstehen.“

„Die Schülerinnen und Schüler können die **Formenvielfalt der Blütenpflanzen** (Wildpflanzen und Nutzpflanzen) entdecken, beschreiben und **ordnen** (...) (Klasse 7)“

- **Gymnasium, Biologie, Klasse 6** (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004d)

„Den Schülerinnen und Schülern soll der Formenreichtum, die **Vielgestaltigkeit** (...) **verschiedener Blütenpflanzen** bewusst gemacht werden.

„(Sie) können verschiedene Blütenpflanzen, auch wichtige Vertreter der **Laub- und Nadelbäume** sowie Kulturpflanzen, **aus ihrer direkten Umgebung an charakteristischen Merkmalen erkennen** (und) einen **einfachen Bestimmungsschlüssel** auf unbekannte Tiere und Pflanzen anwenden.“

Die Themen Wald und Artenvielfalt werden also bereits in der Grundschule gefordert, der Einsatz von Bestimmungsschlüsseln explizit erst in der Sekundarstufe I.

1.4 Bedeutung von Bestimmungsübungen im Unterricht

Bestimmungsschlüssel sind in den Biowissenschaften seit langem ein wichtiges Werkzeug zur Identifizierung von Tier- und Pflanzenarten. Das Bestimmen ist idealer Weise von einer intensiven Auseinandersetzung mit der Vielfalt der Natur und von Wissen über die äußere Erscheinung, den Lebensraum und die Lebensweise von Organismen begleitet. Die große Bedeutung dieses Wissens ist in den letzten Jahrzehnten wieder verstärkt ins Blickfeld der Biologiedidaktik gerückt. Bestimmungsübungen im Schulunterricht kann man unter drei Aspekten begründen: dem Aneignen von Formenkenntnis, dem wissenschaftspropädeutischen Ziel des Erlernens einer wichtigen biologischen Arbeitsweise und Erkenntnismethode sowie der Förderung wichtiger Kompetenzen wie dem genauen Betrachten, dem Vergleichen und dem Finden und Formulieren von Unterscheidungskriterien. Damit eine Bestimmungshilfe diese Anforderungen erfüllt, müssen Form und Inhalte auf die Zielgruppe und die Einsatzbedingungen abgestimmt werden.

Der Vorgang des Bestimmens beruht auf dem Vergleichen und damit auf einer wichtigen wissenschaftlichen Erkenntnismethode (Hamann 2002). Die Verwendung von

Bestimmungsschlüsseln im Unterricht hat daher wissenschaftspropädeutischen Charakter und darüber hinaus Bedeutung im Zusammenhang mit der wieder vermehrt geforderten Auseinandersetzung mit Biodiversität im Schulunterricht (Lindemann-Matthies 2010).

Geeignete Bestimmungsschlüssel können bereits in der Primarstufe mit Erfolg eingesetzt werden (Flämig & Vogt 1998), wobei sich Laubbäume besonders gut als Bestimmungsobjekte eignen. Es gibt viele Naturführer und Bestimmungshilfen für Laubbäume auf dem Buchmarkt oder im Internet, die allerdings für Kinder oftmals wenig geeignet sind. Sie sind zum Beispiel für die Altersgruppe zu umfangreich oder umfassen nicht alle Bäume der Alltagsumgebung der Kinder, da sie auf heimische Arten spezialisiert sind.

Das Bestimmen und Ordnen von Organismen ist in den Bildungsplänen verortet (Kapitel 1.3). Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass Bestimmungsschlüssel per se zu mehr Formenkenntnissen führen bzw. das einzige oder wichtigste Mittel zur Vermittlung von Formenkenntnissen sind. Daher stellt sich die Frage, wie in der Fachdidaktik Bestimmen definiert wird und welche Gründe genannt werden, Bestimmungsübungen im Unterricht durchzuführen.

Die dem Bestimmen zugrunde liegende Methode ist das Vergleichen. Dabei werden anhand eines Kriteriums Unterschiede und Ähnlichkeiten zweier Objekte ermittelt (Hammann 2002). Für Grupe (1971) ist die Grundlage des Bestimmens das System, und das Bestimmen selbst ein Einordnen in das System mit dem Ziel, den Namen des Organismus zu ermitteln. Durch die zunehmende Konzentration auf allgemeinbiologische Inhalte im 20. Jahrhundert waren in den 1970er Jahren Bestimmungsübungen im Biologieunterricht umstritten. Grupe (1971) beschreibt, die Befürworter sähen darin vor allem den Vorteil einer Schulung des Geistes, indem zu genauem Beobachten, Vergleichen, Unterscheiden und Entscheiden angeleitet wird. Die Gegner dagegen seien der Meinung, die Denkvorgänge seien zu gleichförmig, um zu kausalem Denken anzuleiten, und der Aufwand zu hoch im Vergleich zum geistigen Gewinn (Grupe 1971). Diese Meinung vertritt auch Stichmann (1970), der feststellte, die Pflanzen- und Tierbestimmung sei nicht allein aufgrund des formalen Bildungswertes, zur Auseinandersetzung mit Systematik anhand von Beispielen oder mit dem Ziel des Vergleichs zu befürworten (Stichmann 1970).

Im Mittelpunkt standen also zwei Aspekte: die Schulung des Denkvermögens und das Aneignen von Formenkenntnissen. Für letzteres wurde der Aufwand als zu hoch eingeschätzt, für ersteres die Vorgehensweise als zu gleichförmig. Nur am Rand erwähnte Stichmann hier den Vergleich. Heute hat dieser in der Biologiedidaktik einen ganz anderen Stellenwert. Nach Hammann (2002) handelt es sich dabei zum einen um eine Erkenntnismethode für Schülerinnen und Schüler, deren Lernwirksamkeit und beobachtungsfördernde Wirkung empirisch nachgewiesen wurde, zum

anderen um eine wichtige Erkenntnismethode der biowissenschaftlichen Forschung, deren Kenntnis und Anwendung ein wichtiges Bildungsziel ist. Auch Köhler (2004) nennt das Vergleichen eine bedeutende biologische Arbeitsweise und betont, dass die in Bestimmungshilfen verwendeten Kriterien im Unterricht explizit thematisiert werden sollten. Der Einsatz von Bestimmungsschlüsseln im Unterricht ist also eindeutig wissenschaftspropädeutisch (Langlet 2006) zu begründen.

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war daher die Entwicklung und Evaluation einer Bestimmungshilfe für Grundschul Kinder, die gleichzeitig als Instrument der biologiedidaktischen Forschung geeignet ist. In einem ersten Schritt wurden Leitlinien für die Entwicklung eines kindgerechten Bestimmungsschlüssels formuliert und auf ihrer Grundlage ein Bestimmungsschlüssel entwickelt (Teil I). Der resultierende HTML- und Datenbank-basierte Schlüssel ist in erster Linie für die Anwendung am Computer oder auf mobilen Medien gedacht. Er lässt sich online nutzen, herunterladen und als Bestimmungsheft ausdrucken. Navigation, Layout, Abbildungen und Texte wurden für Schülerinnen und Schüler ab der dritten Klasse konzipiert. Eine große Anzahl an beschriebenen Baumarten sollte gewährleisten, dass möglichst alle Bäume der Alltagsumgebung bestimmbar sind. Gleichzeitig sollten kurze Bestimmungswege möglich sein. Dieser scheinbare Widerspruch sollte durch die sekundäre Reduktion des Bestimmungswegs mittels Anpassung der Artenauswahl an das Inventar eines Geländes gelöst werden. Der resultierende individuelle Schlüssel sollte beispielsweise den Baumbestand eines Schulgeländes repräsentieren und gleichzeitig in der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit besser handhabbar sein, indem er nicht nur weniger Baumbeschreibungen, sondern auch kürzere Bestimmungswege als der vollständige Schlüssel enthält.

Bestimmungsschlüssel und Bausatz wurden in einem zweiten Schritt durch Befragung der Nutzerinnen und Nutzer vor und nach der Anwendung mit Klassen oder Gruppen sowie durch Praxistests mit Schulklassen evaluiert. Durch kostenlose Bereitstellung im Internet konnte eine große Zielgruppe erreicht werden. Die Evaluation der Bestimmungshilfe in Form einer Usability-Prüfung stützte sich auf eine Befragung der Nutzerinnen und Nutzer, auf die Serverstatistik der Webseite und auf die individuellen Bestimmungsschlüssel, die vor allem von Lehrpersonen zusammengestellt wurden (Teil II).

In einem dritten Schritt wurde ein Konzept ausgearbeitet, wie der Bestimmungsschlüssel zur Untersuchung von Kompetenzerwerb eingesetzt werden könnte. Dabei wurde tendenziell aufgezeigt, welche Metaphern und Kriterien Kinder beim Vergleichen von Laubblättern anwenden und wie Bestimmungsschlüssel die Fähigkeit zum Ordnen beeinflussen (Teil III).

2 Teil I: Entwicklung eines Bestimmungsschlüssels für Kinder

2.1 Einleitung

Ziel der Entwicklungsarbeit war ein Bestimmungsschlüssel für Laubbäume, der für Kinder ab dem Lesealter als Unterrichtsmaterial geeignet ist. Er sollte die Vorteile der Anwendung am Computer bieten und sich alternativ als Bestimmungsheft für die Arbeit im Freien ausdrucken lassen. Seine Navigation, Layouts, Abbildungen und Texte sollten für die Altersstufe leicht verständlich und ansprechend sein. Die Artenauswahl sollte die Alltagsumgebung der Kinder repräsentieren und dennoch durch kurze Bestimmungswege leicht handhabbar sein.

2.1.1 Übersicht über die Formen von Bestimmungsschlüsseln

Aufgrund der oben beschriebenen Relevanz der Formenkenntnis für die Menschheit hat das Ordnen von Organismen in Ähnlichkeits- und Verwandtschaftssystemen eine lange Tradition. Bestimmungsschlüssel sind aus der Geschichte der Naturkunde nicht wegzudenken und haben im Laufe der Zeit einige Entwicklungen durchgemacht, die in einer Diversität von Bestimmungshilfen mündete. Die klassischen textbasierten Bestimmungsschlüssel werden heute ebenso genutzt wie moderne interaktive Schlüssel auf Basis von Datenbankabfragen. Beispiele für letztere sind die *Flora Helvetica CD-ROM* (Lauber & Wagner 2005), *Pflanzenbestimmung mit dem PC* (Götz 2000) und *Schmeil-Fitschen interaktiv* (Seybold 2001). In fast jeder Kategorie von Bestimmungshilfen lassen sich Beispiele finden, die der Bestimmung von Bäumen oder Gehölzen dienen.

2.1.1.1 Bestimmungsschlüssel auf Papier

Dichotome Bestimmungsschlüssel

In der Botanik versteht man unter Dichotomie eigentlich die "gabelige Verzweigung durch Teilung der Scheitelzelle in zwei" (Wagenitz 1996, S. 108). Auf einen Bestimmungsschlüssel übertragen bedeutet dies, dass in jedem Bestimmungsschritt die Entscheidung zwischen zwei alternativen Merkmalsbeschreibungen verlangt wird. Der Weg gabelt sich also in jedem Bestimmungsschritt in zwei neue Wege (Abbildung 1).

1	Die Blätter sind aus Fiederblättchen zusammengesetzt	2
	Die Blätter sind einfach, sie bestehen aus einem Stück	3
2	Die Blätter sind am Zweig gegenständig angeordnet	4
	Die Blätter sind am Zweig wechselständig angeordnet	5

Abbildung 1: Ausschnitt aus einem textbasierten dichotomen Schlüssel (Quelle: eigene Darstellung)

Die Struktur des Verzweigungsbaums kann man in Fächerstrukturen und Kammstrukturen unterscheiden. Fächerstrukturen ergeben sich, wenn mehrere Unterscheidungskriterien hintereinander die Baumarten in jeweils zwei Gruppen teilen. Eine Kammstruktur ergibt sich bei wiederholter Abspaltung einer einzelnen Baumart (Walter & Winterton 2007). Diese frühzeitige Abspaltung kann bei Baumarten mit sehr charakteristischen Merkmalen sinnvoll sein. Kammstrukturen führen jedoch zu größeren Unterschieden in der Länge der Bestimmungswege.

Das Prinzip der Dichotomie hat sich über lange Zeit bewährt. Es wird auch heute bevorzugt von Wissenschaftlern und Naturkundlern eingesetzt. Bestimmungsübungen mit Hilfe solcher textbasierter dichotomer Schlüssel sind Pflichtprogramm fast jedes Biologiestudiums. Verwendet werden Werke wie "*Schmeil-Fitschen Flora von Deutschland*" (Fitschen et al. 2006) und "*Brohmer Fauna von Deutschland*" (Brohmer & Schaefer 2009). Der Erfolg liegt an der Reduktion auf das Nötigste: Eine Folge von gezielten Merkmalsabfragen führt direkt zur Art, ohne dass lange Beschreibungen miteinander verglichen werden müssen. Mit solchen „Expertensystemen“ im Taschenbuchformat können oft mehrere tausend Arten sicher bestimmt werden. Die Merkmalsbeschreibungen bestehen aus knappen Texten, oft mit verkürzten Sätzen und abgekürzten Fachausdrücken. Die Navigation erfolgt in diesen Bestimmungsschlüsseln über ein System aus Zahlen und Buchstaben, das jeden Schritt mit den beiden nachfolgenden verknüpft (Walter & Winterton 2007). Die Beschreibungen der Merkmalsausprägungen werden nur in Einzelfällen durch einfache Strichzeichnungen visuell unterstützt. Nachteile sind eine geringe Anschaulichkeit, ein mühsames Rückverfolgen des Bestimmungswegs und die Gefahr, die Nummer des folgenden Bestimmungsschritts zu vergessen, während man sich zu ihm vorblättert. Außerdem kann es vorkommen, dass man mitten im Bestimmungsweg hängen bleibt, da ein Merkmal an der Pflanze bzw. dem Tier fehlt. Wichtig ist daher, nach Möglichkeit mehrere Kriterien miteinander zu kombinieren (Walter & Winterton 2007). Voraussetzung für den Umgang mit textbasierten dichotomen Schlüsseln ist neben der Erfahrung mit der dichotomen Struktur eine Kenntnis der verwendeten Fachausdrücke, der Abkürzungen und der allgemeinen Morphologie der Organismengruppe und damit ein gewisses Expertentum.

Bildbände

Bildbände gibt es in großer Zahl für verschiedene Organismengruppen und Lebensräume. Sie liefern entweder einen Überblick über eine Tier- oder Pflanzengruppe, z.B. Bäume (Phillips 2004) oder Insekten (Chinery 2012), oder eine Zusammenstellung der häufigsten in einem Lebensraum anzutreffenden Tier- und Pflanzenarten, z.B. Bergblumen (Grey-Wilson 1980) oder Pflanzen und Tiere des Waldes (Dreyer 2009). Eine Bestimmung ist über den Vergleich von Abbildungen und Beschreibungen möglich.

Viele Bildbände beinhalten reduzierte Bestimmungsschlüssel, wobei oft nicht zwei, sondern mehrere bis viele Merkmalsausprägungen einander gegenüber gestellt werden. Bei Blütenpflanzen ist eine Unterteilung nach der Blütenfarbe beliebt (z.B. Spohn et al. 2008). Bei Laubbäumen ist das bevorzugte Kriterium die Blattmorphologie. Bei Godet (1987) ist der Beschreibungsteil alphabetisch nach Artnamen sortiert. Ihm wird eine Tabelle mit Laubblattabbildungen vorangestellt, die nach der Blattform sortiert sind. Bei Dreyer (2003) werden die Arten nach den Kriterien Blattstellung, Form der Blattspreite und Blattrand vorsortiert und danach in farblich gekennzeichnete Kapitel unterteilt.

Die Beliebtheit von Bildbänden beruht auf ihrer Anschaulichkeit. Der Verzicht auf einen Bestimmungsweg ermöglicht eine umfassendere Beschreibung und vor allem eine bildliche Darstellung der Arten. Dabei kommen Farbfotos (z.B. Phillips 2004), Farbzeichnungen (z.B. More & White 2005) oder beides zum Einsatz (z.B. Dreyer 2003).

Ein Nachteil ist die fehlende Sicherheit beim Bestimmen. Während ein Bestimmungsschlüssel die Arten anhand ausgewählter Kriterien unterscheidet, werden im Bildband viele Details beschrieben und dargestellt, die bei ähnlichen Arten zum großen Teil übereinstimmen können. Es bleibt den Lesenden überlassen, die relevanten Informationen herauszufiltern. Dabei werden überwiegend die Abbildungen beachtet, so dass das Ergebnis der Bestimmung maßgeblich von deren Qualität und Allgemeingültigkeit abhängt (vgl. Weidenmann 2001).

Flussdiagramme

Ein Flussdiagramm ist die grafische Variante des dichotomen Bestimmungsschlüssels. Hierbei werden die Bestimmungsschritte an Stelle von Zahlen durch Pfeile miteinander verbunden (Walter & Winterton 2007; Abbildung 2). Man sieht die Struktur, d.h. den Verzweigungsbaum des dichotomen Bestimmungsschlüssels direkt vor sich. Dies ist eine der anschaulichsten Möglichkeiten, einen Bestimmungsschlüssel zu gestalten, vor allem, wenn Abbildungen integriert werden (Walter & Winterton 2007). Der Nachteil ist ein hoher Platzbedarf. Um einen gesamten Bestimmungsbaum auf einer A4-Seite darzustellen, dürfen die Zahl der

Bestimmungsschritte und damit die Artenanzahl nicht zu hoch sein, und bei Werken mit längeren Bestimmungswegen wird der Schlüssel in Teilschlüssel aufgeteilt (z.B. Müller 1990). Um die nötige Nähe von Texten und Abbildungen gewährleisten zu können (Weidenmann 2001), müssen Texte kurz und die Abbildungen relativ klein sein.

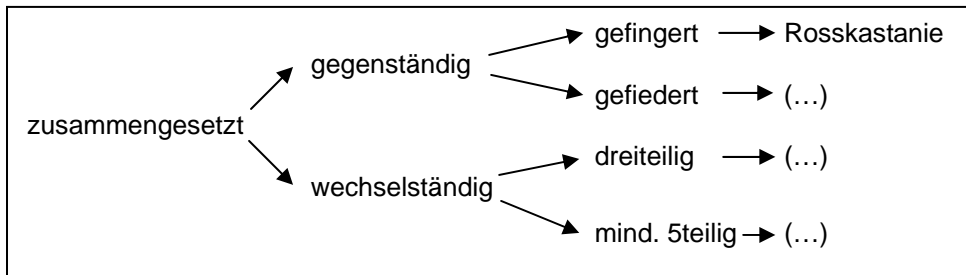


Abbildung 2: Beispiel für ein textbasiertes Flussdiagramm zur Bestimmung von Bäumen anhand ihrer Blätter (Quelle: eigene Darstellung)

Synoptische Bestimmungstabellen

Bei der Bestimmungstabelle handelt es sich um eine Matrix aus Arten und deren morphologischen Eigenschaften (Walter & Winterton 2007). In den Spalten stehen verschiedene Bestimmungskriterien, zum Beispiel ‚Blattstellung‘. In den Zeilen stehen die Tier- oder Pflanzenarten. Jeder Art wird nun zu jedem Kriterium eine Merkmalsausprägung zugeordnet (Tabelle 1). Bei der Art *Rosskastanie* hätte z.B. das Kriterium *Blattstellung* den Eintrag *gegenständig*. Eine solche Tabelle liefert auf einen Blick die Merkmalsbeschreibungen unterschiedlicher Baumarten im Vergleich. Übersichtlich ist eine solche Tabelle allerdings nur bei geringer Artenanzahl (Walter & Winterton 2007).

Tabelle 1: Beispiel für eine synoptische Bestimmungstabelle (Quelle: eigene Darstellung)

Baumart	Blattunterteilung	Blattstellung	Blattadern	Blattrand
Rosskastanie (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	zusammengesetzt: gefigert	gegenständig	biegen vor dem Blattrand um	gezähnt
Eschenahorn (<i>Acer negundo</i>)	zusammengesetzt: gefiedert	gegenständig	verlaufen gerade zum Blattrand	gezähnt
Walnuss (<i>Juglans regia</i>)	zusammengesetzt: gefiedert	wechselständig	biegen vor dem Blattrand um	glatt

2.1.1.2 Computer-Bestimmungsschlüssel

Das Medium Computer hat der Umsetzung von Bestimmungsschlüsseln ganz neue Möglichkeiten eröffnet. Vor allem dichotome Schlüssel und synoptische Tabellen sind im Internet oder im Buchhandel auf CD zu finden. Ein klarer Vorteil von Computer-Bestimmungsschlüsseln ist, dass sie schneller aktualisiert werden können und diese Aktualisierungen bei einer Verbreitung im Internet schneller bei den Benutzenden ankommen (Walter & Winterton 2007).

Datenbankabfragen

Bei der Entwicklung eines digitalen Bestimmungsschlüssels bietet es sich an, die Daten in einer Datenbank zu verwalten, da sich auch nachträglich ohne großen Aufwand Inhalte verändern oder hinzufügen lassen. Datenbanken haben noch den weiteren Vorteil, dass Inhalte über Datenbankabfragen nach Bedarf ausgegeben werden können. Bestimmungsschlüssel mit Datenbankabfragen sind die digitale Entsprechung zu synoptischen Bestimmungstabellen (siehe Kapitel 2.1.1). Nach Auswahl mehrerer, gut erkennbarer Merkmalsausprägungen werden aus der Datenbank die passenden Arten herausgefiltert. Dies stellt eine sehr effektive Art der Bestimmung dar. Besonders auffälligen Merkmalen kann hier der Vorzug gegeben werden, während schlecht erkennbare Merkmale nicht berücksichtigt werden müssen. Statt eines festgelegten Startpunkts, wie es ihn in einem dichotomen Schlüssel gibt, bietet diese Form viele Einstiegspunkte (Walter & Winterton 2007). Während die hohe Flexibilität für Geübte mit ausreichender Kenntnis der Morphologie der betreffenden Organismen einen besonders schnellen und effektiven Weg zum Bestimmungsergebnis eröffnet, können die vielen Auswahlmöglichkeiten Ungeübte verwirren (Walter & Winterton 2007).

Dichotome Bestimmungsschlüssel

Zur Darstellung von dichotomen Bestimmungswegen nutzt man gerne die Vorteile von HTML². Elemente einfacher Texte werden als Absätze, Überschriften, Tabellen oder Referenzen ausgezeichnet und von Internet-Browsern wie Mozilla Firefox, Safari, Opera oder Microsoft Internet Explorer als formatierter, strukturierter Text mit eingebetteten Abbildungen und Querverweisen interpretiert und dargestellt (Münz 2007). Jeder Internet-Nutzende kann HTML-Dateien aufrufen, ohne zuvor eine spezielle Software zu installieren. Ein großer Vorteil von

² Hypertext Markup Language (Auszeichnungssprache)

HTML ist die Möglichkeit, Inhalte per Hyperlinks zu verknüpfen. Auf diese Weise ist es möglich, gezielt an andere Stellen innerhalb desselben oder eines anderen Dokuments zu springen und so Querverbindungen zwischen Texten zu ermöglichen. Im Falle eines dichotomen Bestimmungsschlüssels erübrigt sich das Blättern zum Folgeschritt (Walter & Winterton 2007). Er lässt sich nun per Mausklick aufrufen. Auf die gleiche Weise lässt sich der Zugriff auf Baumbeschreibungen komfortabel einbinden. Während in einem Bestimmungsbuch ausführliche illustrierte Beschreibungen viel Platz kosten und das Werk unhandlich machen, lassen sich am Computer beliebig viele Abbildungen einbinden, sofern es der zur Verfügung stehende Speicherplatz zulässt. Wichtig ist, dass die Verknüpfungen übersichtlich bleiben und die Informationen so verwaltet werden, dass man sich nicht auf den Seiten verirrt und durch zu viele, möglicherweise sogar redundante Informationen belastet wird (Weidenmann 2001; Mayer & Moreno 2003).

Bei einem dichotomen Bestimmungsschlüssel ist man, anders als bei der synoptischen Tabelle, an eine festgelegte Hierarchie von Bestimmungsmerkmalen gebunden. Was für Geübte einen Nachteil darstellen mag, kann für Ungeübte ein deutlicher Vorteil sein. Selbst Befürwortende von Matrix-basierten Schlüsseln geben zu, dass die hohe Flexibilität in einer Bestimmungsmatrix Anfänger verwirren könnte, vor allem, wenn eine große Vielfalt an Merkmalsausprägungen zur Wahl geboten wird (Walter & Winterton 2007). Bei einem dichotomen Schlüssel dagegen wird in jedem Bestimmungsschritt immer nur ein Merkmal auf dem Bildschirm dargestellt und nur eine Entscheidung verlangt. Daher ist die kognitive Belastung deutlich geringer, als wenn eine ganze Liste von Merkmalen abzuarbeiten ist. Werden zu wenige Merkmalsausprägungen gewählt, ist die Liste der angebotenen Arten lang und eine Bestimmung wiederum nur durch Vergleich der Beschreibungen möglich. Nach eigener Erfahrung kann es aber auch zu dem demotivierenden Fall kommen, dass keine Art übrig bleibt. Ein dichotomer Bestimmungsschlüssel führt dagegen immer zu einem Ergebnis.

Walter & Winterton (2007) sehen den größten Fehler klassischer dichotomer Bestimmungsschlüssel darin, dass nur genau ein Weg in der richtigen Bestimmung resultiert. Im Falle einer Fehlbestimmung müsse man immer am selben Punkt neu beginnen, da eine Querverbindung fehle. Eine Querverbindung zwischen einzelnen Zweigen des Bestimmungsbaums gibt es zwar auch in vielen digitalen dichotomen Bestimmungsschlüsseln nicht, doch hier ist es sehr einfach, den begangenen Weg bis zu der Stelle zurück zu verfolgen, an der eine falsche Entscheidung getroffen wurde (Walter & Winterton 2007) und nun die Alternative auszuprobieren. Auf diese Weise wird durch die klare dichotome Struktur die Gefahr der Desorientierung ('Lost in Hyperspace'; Tergan 1997) reduziert.

2.1.1.3 Bestimmungshilfen für Kinder

Vorhandenes Angebot, Vor- und Nachteile

Es gibt zahlreiche Materialien zum Thema Bäume, die sich an Kinder richten, darunter auch Bestimmungshilfen. Im Folgenden werden sieben Materialien kurz vorgestellt.

Tabelle 2: Kurzbeschreibung „Eine kindgerechte Bestimmungshilfe für Laubbäume“ (Baum & Lehnert 1999)

Form	HTML-Bestimmungsschlüssel im Internet
Bestimmungsweg	Dichotom, in Einzelfällen trichotom
Taxonomische Ebene	Art
Anzahl Baumarten	28 Laubbaumarten
Inhalte der Beschreibungen	Morphologie von Blatt, Blüte, Frucht, Zweige (Knospen, Rinde), Borke; Lebensraum Abbildungen: Fotografien von Laubblatt, Winterzweig mit Knospe, Borke, Baumsilhouette
Abbildungen	Strichzeichnungen, schwarz-weiß (Bestimmungsweg), Fotografien (Beschreibungen)
Anmerkungen	Gezielte Bestimmung bis zur Artebene. Detailreiche Beschreibung der Arten, diese jedoch wenig strukturiert.

Tabelle 3: Kurzbeschreibung „Umweltdetektiv Bäume bestimmen“ (Naturfreundejugend Deutschlands 2007)

Form	Bestimmungsheft
Bestimmungsweg	Dichotom, in Einzelfällen trichotom
Taxonomische Ebene	Gattung oder Art
Anzahl Baumarten	28 Laubbaumarten, 10 Nadelbaumarten
Inhalte der Beschreibungen	Keine Beschreibungen
Abbildungen	Strichzeichnungen, hellgrün getönt
Anmerkungen	Kleines, sehr handliches Heftchen, übersichtlich gestalteter Bestimmungsweg Bestimmungsweg der Laubbäume entspricht, mit ein paar Abänderungen, der „Kindgerechten Bestimmungshilfe für Laubbäume“ (Baum & Lehnert 1999). Achtung, einzelne Fehler im Bestimmungsweg (z.B. Wacholder: Nadeln wachsen nicht gegenständig, sondern zu dritt in Quirlen. Birke: Blattrand doppelt, nicht einfach gezähnt; Pappel: Blattrand einfach, nicht doppelt gezähnt)

Tabelle 4: Kurzbeschreibung „Bestimmungsbuch für Pflanzendetektive“ in „Systematische Pflanzenbestimmung im Grundschulunterricht“ (Flämig & Vogt 1998)

Form	Selbst entwickelter Bestimmungsschlüssel auf Papier mit Naturmaterialien (Anregung zur Entwicklung von eigenen Materialien)
Bestimmungsweg	Flussdiagramm: dichotom, in einzelnen Fällen trichotom
Taxonomische Ebene	Gattung oder Art
Anzahl Arten	> 50 Gehölzarten, darunter Laub- und Nadelbäume, Sträucher
Inhalte der Beschreibungen	Keine Beschreibungen (separate Beschreibungen im Artikel erwähnt)
Abbildungen	Strichzeichnungen, Original-Pflanzenmaterial
Anmerkungen	Der Bestimmungsschlüssel wurde speziell für alle Gehölzarten eines Geländes entwickelt und hat damit nur Beispielcharakter. Er ist ein gutes Beispiel dafür, wie ein Bestimmungsschlüssel alle anwesenden Arten repräsentieren, aber dabei übersichtliche Bestimmungswege behalten kann. Er ist nicht oder nur bedingt auf andere Areale übertragbar.

Tabelle 5: Kurzbeschreibung: Baumbestimmung auf „baumkunde.de“ (Gurk & Hepp 2004-2012)

Form	Online- Bestimmungsschlüssel, umfangreicher Katalog standortheimischer und standortfremder Baumarten
Bestimmungsweg	Datenbankgestützte Online-Bestimmung nach dem Prinzip der synoptischen Bestimmungstabelle
Taxonomische Ebene	Art
Anzahl Baumarten	Nach Angaben der Verantwortlichen über 500 standortheimische und standortfremde Baumarten und Sträucher
Inhalte der Beschreibungen	Darstellung der Morphologie mit Fotos, tabellarische Übersicht und detaillierte Beschreibung der Merkmale, Zusatzinformationen wie Vorkommen, Wissenswertes und Giftigkeit / Nutzbarkeit
Abbildungen	Fotografien
Anmerkungen	Eigentlich kein Material, das sich speziell an Kinder wendet, erscheint aber in vielen Link-Listen für Kinder

Tabelle 6: Kurzbeschreibung: „Baumschlau Drehfix“ (Schneider, o.J.)

Form	Klappkarte mit Drehscheibe
Bestimmungsweg	<p>a) Dichotomer Bestimmungsweg (4 Bestimmungsschritte) zur Unterteilung in 5 Baumartengruppen nach Blattmorphologie, Zuordnung von Farbcodes zu den Gruppen Größte Gruppe: 17 Arten, kleinste Gruppe: 1 Art</p> <p>b) Durch Drehen der Drehscheibe sind in kleinen Fensterchen für jede Baumart dargestellt:</p> <p>(1) Farbcodes, Blattlänge (cm), Blattform (Abbildung)</p> <p>(2) Besonderheiten wie Nutzung, Brauchtum oder Mythologie (Text)</p> <p>(3) morphologische Details der Blätter und eventuell anderer Organe des Baums (Text)</p> <p>c) Auf der Rückseite der Klappkarte erscheinen in weiteren Fensterchen ein Foto der Borke und der Name der Baumart</p>
Taxonomische Ebene	Gattung oder Art
Anzahl Baumarten	7 Nadelbaumgattungen/-Arten, 29 Laubbaumgattungen/-arten
Inhalte der Beschreibungen	Alphabetische Liste mit einer Silhouette des Baums, kurzem Text mit ein oder zwei morphologischen Besonderheiten, eventuell Nutzung oder andere Besonderheiten
Abbildungen	Strichzeichnungen, eingefärbt (Blätter, Baumsilhouetten), Fotografien (Borke)
Anmerkungen	Die Fensterchen und entsprechend die Abbildungen und Texte sind sehr klein. Besonderheiten werden eine Seite vor dem Baumnamen genannt, Verknüpfung von Baumnamen und Stützwissen (Stichmann & Stichmann-Marny 1992) ist daher nur durch Zurückblättern möglich

Tabelle 7: Kurzbeschreibung: „Mein erstes Welcher Baum ist das?“ (Haag & Schadwinkel 2008)

Form	Taschenbuch mit Schutzhülle
Bestimmungsweg	Unterteilung nach Blattform in 5 Gruppen (Blattrand glatt, Blattrand gezahnt, Blattrand gelappt, zusammengesetzte Blätter, Nadeln), Zuordnung von Farben. Die größte Gruppe enthält 19, die kleinsten Gruppen enthalten je 6 Baumarten.
Taxonomische Ebene	Art
Anzahl Baumarten	8 Nadelbaumarten, 42 Laubbaumarten
Inhalte der Beschreibungen	Abbildung eines Zweigabschnittes mit Blättern, eventuell Früchte und/oder Blüten. Blütezeit, Wuchshöhe, ausgewählte morphologische Beschreibungen, Herkunft des Namens, Lebensraum. Besonderheiten z.B. zur Verwendung („schon gewusst?“), Anregungen zur Naturbeobachtung (Schau genau hin!) und Basteltipps.
Abbildungen	Farb-Zeichnungen (Blatt, Zweig, evtl. Blüte, Frucht), Fotografien (Besonderheiten, Naturbeobachtungen, Basteltipps)
Anmerkungen	Ähnlich aufgebaut wie ein Naturführer für Erwachsene, Inhalte jedoch reduzierter und einfache Zeichnungen statt Fotos.

Tabelle 8: Kurzbeschreibung: „Linde, Weide, Apfel-Baum. Bäume bestimmen mit Kindern“ (Voake 2011)

Form	Buch mit Baumportraits
Bestimmungsweg	-
Taxonomische Ebene	Art oder Gattung
Anzahl Baumarten	30 Laubbaumarten, 8 Nadelbaumarten
Inhalte der Beschreibungen	Darstellung der Baumart in den Jahreszeiten, interessante Zusatzinformationen
Abbildungen	Tusche-/Aquarellzeichnungen, z.T. nicht sehr detailliert, geben aber den abgebildeten Aspekt charakteristisch wieder.
Anmerkungen	Der Stil der Illustrationen entspricht einem informativen Bilderbuch, das zum Entdecken einlädt.

Bei den vorgestellten Bestimmungshilfen sind vom Bildband über die synoptische Tabelle bis hin zum dichotomen Bestimmungsschlüssel alle Varianten vertreten. Sie haben spezifische Vorteile: sie sind handlich, robust und leicht mitzunehmen (Schneider o.J.; Haag & Schadwinkel 2008), enthalten anschauliche und interessante Beschreibungen der Baumarten (Voake 2011; Haag & Schaadwinkel 2008), erleichtern durch einen Bestimmungsweg bis zur Artebene eine selbstgesteuerte Bestimmung einer Baumart (Flämig & Vogt 1998; Baum & Lehnert 1999; Naturfreundejugend Deutschlands 2007), enthalten alle Baumarten aus der Umgebung, auch „Exoten“ (baumkunde.de) oder sind leicht anwendbar durch relativ kurze Bestimmungswege (Baum & Lehnert 1999). Ziel bei der Entwicklung einer Bestimmungshilfe ist es, möglichst viele dieser Vorteile zu vereinen. Der Bestimmungsschlüssel von Flämig und Vogt (1998) zeigt, wie sich überschaubare Bestimmungswege mit einer vollständigen Artenanzahl vereinen lassen: indem die Baumauswahl an ein spezifisches Gebiet angepasst und der Bestimmungsschlüssel sozusagen ‚maßgeschneidert‘ wird. Der Nachteil liegt im hohen Aufwand bei der Erstellung, denn ein solcher Bestimmungsschlüssel lässt sich nicht auf jedes andere Gebiet übertragen.

2.1.2 Bestimmungshilfen: multimedial und interaktiv

‘Multimediales Lernen’ bedeutet nach Schnotz (2005) aus psychologischer Perspektive ein kombiniertes Bild-Text-Verstehen, das keine hochentwickelte Technologie erfordert. Demnach handelt es sich bereits bei einem illustrierten Bestimmungsschlüssel in Buchform um ein multimediales Lernangebot. Durch die Möglichkeit, sich für zwei oder mehr Alternativen zu entscheiden und durch diese Entscheidung den weiteren Verlauf des Bestimmungswegs und die

am Ende präsentierte Information zu beeinflussen, ist eine einfache Form von Interaktivität gegeben. Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel, egal in welcher Form, ist an sich schon ein multimediales und interaktives Werk. Die Eignung für eine Umsetzung am Computer liegt also in der Natur eines Bestimmungsschlüssels, was sich in den inzwischen recht zahlreichen Angeboten an digitalen Bestimmungshilfen widerspiegelt.

Die Verwendung des Computers bringt einige Vorteile mit sich, aber auch verschiedene Fallstricke. Ein Vorteil ist die Navigation durch Verknüpfungen von Inhalten über Hyperlinks. Die Verwendung von Nummern zur Verknüpfung von Bestimmungsschritten wird, ebenso das Seitenblättern, unnötig. Inhalte müssen nicht mehr linear präsentiert werden, sondern können nach den eigenen Interessen und dem eigenen Wissensstand selektiert aufgerufen werden. Die Gefahr dabei ist das „Lost in Hyperspace“ (Tergan 1997) genannte Phänomen: Durch zu viele Verknüpfungen wird das Angebot unübersichtlich und die Struktur den Benutzenden nicht mehr ersichtlich (Weidenmann 2001; Schnotz 2005).

Viele Bilder führen in einem Buch zu mehr Seiten und damit zu einer umständlicheren Handhabung. Hypertext hingegen erleichtert die Kombination von Text und Bild. In einem Hypertext lassen sich einzelne Bilder leichter mit kurzen Texten isoliert auf dem Bildschirm darstellen, der Zugriff auf die folgenden Inhalte erfolgt über Hyperlinks. Der Computer ermöglicht darüber hinaus die Verwendung bewegter Bilder (Animationen) und das Ansprechen mehrerer Sinneskanäle durch die Präsentation gesprochenen statt geschriebenen Textes (*Modality Effect*; Mayer & Moreno 2003). Dabei gilt es, bestimmte Prinzipien zu beachten (Schnotz 2005):

- Die Kombination von Texten und Bildern ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Anwendenden noch wenig Vorwissen haben, aber bereits über die Fähigkeit, Bilder und Texte mental zu verarbeiten, verfügen.
- Texte und Bilder sollten nahe beieinander präsentiert werden.
- Irrelevante Wörter, Bilder und Töne sollten nicht verwendet werden, da sie die kognitive Belastung unnötig erhöhen.

Die kognitive Belastung (*Cognitive Load*) wird in drei Bereiche unterteilt (Chandler & Sweller 1991): Der „*Intrinsic Load*“ entsteht bei der Anwendung einer Lernsoftware und ist damit von deren Komplexität und Schwierigkeitsgrad abhängig. Der „*Extraneous Load*“ entspricht der Beanspruchung der Lerner durch formelle Eigenschaften des Materials wie Strukturierung und Präsentation der Inhalte. Beim „*Germane Load*“ handelt es sich um die Anteile des Arbeitsgedächtnisses, die für die Schemakonstruktion verfügbar sind. Er entspricht der

kognitiven Belastung durch den reinen Wissenserwerb (Niegemann et al. 2008). Ziel bei der Entwicklung von Lernmaterialien sind ein niedriger ‚*Extraneous Load*‘ und ein hoher ‚*Germane Load*‘. Belanglose und redundante Elemente oder eine unübersichtliche Darbietung der Inhalte erhöhen den ‚*Extraneous Load*‘ zu Lasten des ‚*Germane Load*‘ (Niegemann et al. 2008).

2.1.3 Lernsoftware in der Grundschule

Computernutzung wird als ein Grund für Naturferne und eine Reduktion der Erfahrungsräume genannt (Pfligersdorffer 2006). Durch überlegten Einsatz kann Lernsoftware aber eine Naturbegegnung vorbereiten sowie zu ihr hinführen und Kinder damit zur Auseinandersetzung mit der Natur motivieren (Pfligersdorffer 2006). An Schulen werden digitale Unterrichtsmaterialien vor allem als Lernsoftware und als Nachschlagewerke eingesetzt (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2006). In beiden Kategorien findet sich Material, das zum Entdecken der Natur einlädt (z.B. Unterbruner et al. 2000). Ein digitaler Naturführer, der Merkmale eines informativen Nachschlagewerks trägt und konkrete Arbeitsaufträge erteilt, die nur durch Konfrontation mit Naturobjekten durchführbar sind, kann eine Brücke zwischen Naturbegegnung und Computernutzung schlagen und ein geeignetes Hilfsmittel für den Sach- oder Biologieunterricht liefern. Die positive Resonanz auf die ‚kindgerechte Bestimmungshilfe für Laubbäume‘ (Baum & Lehnert 1999) zeigte, dass eine große Nachfrage nach einem digitalen Naturführer für Kinder besteht. Die zunehmende Computerausstattung an Grundschulen dürfte diese Nachfrage zusätzlich fördern. Während sich im Jahr 2002 im Schnitt an Grundschulen noch 23 Schülerinnen und Schüler einen Computer teilten, waren es im Jahr 2008 nur noch neun (Sekretariat der Kultusministerkonferenz 2008).

2.1.4 Gestaltung von Software für Kinder

Die Darstellung von Inhalten für die Primarstufe muss die teilweise noch wenig entwickelte Lesekompetenz der Kinder berücksichtigen. Ganz wichtig ist daher, einfach gehaltene Texte durch Abbildungen zu ergänzen und eine schnelle Zuordnung der Texte zu den Abbildungen zu ermöglichen. Diese erreicht man durch eine möglichst nahe Platzierung der Texte bei oder in den Abbildungen (Niegemann et al. 2008) und durch "explizite bildhafte Steuerungen" wie farbige Hervorhebung von Details oder den Einsatz von Symbolen wie Pfeilen (Weidenmann 1994). Das Verstehen solcher bildlichen Symbole muss wie das Lesen von Buchstaben erst erlernt werden. Einfache und häufig verwendete Symbole wie der Pfeil sind jedoch schon in der 3. Klasse bekannt. Weiterhin ist Konsistenz bei der Gestaltung sehr wichtig (Niegemann et al. 2008), bei

der zum Beispiel Abbildungen einheitlich gestaltet sind und Funktionselemente wie Schaltflächen sich auf jeder Seite am selben Ort befinden.

Auch sollten Abbildungen gerade in der Primarstufe nicht zu viele Details und Informationen enthalten, sondern auf die wichtigsten Aspekte reduziert sein. Hier haben Illustrationen gegenüber Fotografien einen klaren Vorteil, da sie die Hervorhebung wichtiger Details ermöglichen und die Vernachlässigung weniger relevanter Informationen erlauben. Bei solchen Darstellungen spricht Weidenmann (1994) von 'informierenden Bildern', deren Darstellungscodes zum Beispiel übertriebene Kontraste und Konturen enthalten. Zwar weist er darauf hin, dass gerade solche vereinfachten Bilder meist zu oberflächlich betrachtet werden und die Konfrontation zur Wirklichkeit dabei fehle. Dem wird bei der Anwendung eines Bestimmungsschlüssels entgegengewirkt, da er nur durch den Vergleich mit der Natur funktioniert, was eine direkte Konfrontation mit der Wirklichkeit darstellt.

Bilder können auch affektiv-motivationale Funktionen erfüllen. Dabei geht es darum, Interesse zu wecken und Stimmungen oder Gefühle hervorzurufen und so das Lernen allgemein zu beleben (Weidenmann 1994). Zu diesem Zweck werden in Bücher und Lernsoftware für Kinder oft begleitende Identifikationsfiguren integriert (Baum & Lehnert 1999, Unterbruner et al. 2000). Das können Illustrationen oder Animationen von Menschen, Tieren, Pflanzen oder Fantasiefiguren sein, die einen direkten Bezug zum Inhalt haben, wie der Baum „Baumi“ in der „kindgerechten Bestimmungshilfe für Laubbäume“ (Baum & Lehnert 1999) oder der Waldkobold des Multimedia-Programms „Abenteuer Wald“ (Unterbruner et al. 2000).

2.1.5 Eignung morphologischer Eigenschaften als Unterscheidungskriterien

Bäume sind morphologisch sehr gut als Bestimmungsobjekte geeignet, da sie viele deutlich erkennbare Unterscheidungsmerkmale aufweisen. Fast immer ist eine Bestimmung anhand der Laubblätter möglich, manchmal in Kombination mit anderen Kriterien. Die relevanten Details sind mit bloßem Auge gut sichtbar und erfordern daher keine Erfahrung im Umgang mit einer Lupe.

Blattstellung

Die Blattstellung ist ein wichtiges Kriterium bei der Laubbaumbestimmung, da es die Arten zuverlässig in große Gruppen unterteilt und die Fächerform des Schlüssels fördert (Walter & Winterton 2007; siehe Kapitel 2.1.1).

Jeder Zweig ist in Knoten (Nodi) und dazwischen liegende Abschnitte (Internodien) unterteilt. An den Knoten befinden sich die Blätter bzw. Blattknospen. Bei ihrer Anordnung unterscheidet man zwischen drei Formen (Sitte et al. 1998):

- **Wirtelige Anordnung:** An jedem Knoten befinden sich mehr als ein Blatt, meistens sind es zwei Blätter (= gegenständige Anordnung).
- **Zweizeilige (distiche) Anordnung:** An jedem Knoten befindet sich nur ein Blatt. Das Blatt am ersten Knoten steht mit jenem am dritten, das Blatt am zweiten Knoten mit jenem am vierten in einer Reihe (Zeile). Blätter an „geraden“ und „ungeraden“ Knoten stehen einander gegenüber.
- **Schraubige / zerstreute (disperse) Anordnung:** An jedem Knoten befindet sich nur ein Blatt. Die aufeinander folgenden Blätter stehen entlang einer „Schraubenlinie“.

Die wirtelige Anordnung kommt bei Laubbäumen nur mit zwei Blättern pro Knoten vor. Man bezeichnet sie dann als gegenständig. Bei der distichen und dispersen Anordnung spricht man von wechselständig. Bei der Bestimmung von Bäumen ist es sinnvoll, zwischen gegenständiger und wechselständiger Anordnung zu unterscheiden. Eine Unterscheidung zwischen distich und dispers ist nicht sinnvoll. Bei einigen Laubbäumen kommt es zur Bildung von Kurztrieben. Hier sind die Internodien stark verkürzt, so dass die Knoten direkt aufeinander folgen (Fitschen 2002). Dadurch scheinen mehrere Blätter an einem Knoten zu stehen, obwohl es sich um eine wechselständige Anordnung handelt (Lüder 2009). Bei der Bestimmung ist es daher wichtig, zwischen Langtrieben und Kurztrieben zu unterscheiden und nur Langtriebe zu berücksichtigen.

Blattmorphologie

Die meisten Bestimmungskriterien befassen sich mit der Blattmorphologie, also der Gestalt des Laubblattes. Ein Blatt gliedert sich in mehrere Abschnitte (Sitte et al. 1998), die als Unterscheidungskriterien unterschiedliche Relevanz besitzen.

Das **Unterblatt** besteht aus dem Blattgrund und den Nebenblättern (Stipeln). Als Kriterium kann ein stark verbreiteter Blattgrund dienen. Nebenblätter sind meistens hinfällig oder fehlen ganz. Als Kriterium kommen sie in Frage, wenn sie lange erhalten bleiben oder, wie bei der Robinie, in Dornen (Stipulardornen) umgewandelt sind.

Das **Oberblatt** spielt bei der Bestimmung die größere Rolle. Es besteht aus dem Blattstiel (Petiolus) und der Blattspreite (Lamina).

Die absolute Länge des **Blattstiels** ist ein unsicheres Kriterium, da sie mit der Gesamtgröße des Blattes stark variieren kann. Etwas sicherer ist es, die Länge in Relation zur Blattspreite anzugeben. Weitere Merkmale des Blattstiels können eine rote Färbung oder die Ausbildung von Drüsenhöckern sein. Es handelt sich hierbei um extraflorale Nektarien, die Zucker abscheiden und so vor allem Ameisen anlocken, die wiederum die Pflanze vor Schädlingen schützen (Kull 1993). Bei der Süßkirsche sind diese Drüsen rot gefärbt.

Die **Blattspreite** ist keine gleichförmige Fläche, sondern wird durch die Mittelrippe und die Seitenadern strukturiert. Es gibt mehrere Aspekte, die als Bestimmungskriterien in Frage kommen.

Blattform: Blattspreiten zeichnen sich durch eine große Formenvielfalt aus. Die Grundform ist ein mehr oder weniger eiförmiges und zugespitztes Blatt, das keine nennenswerte Gliederung des Blattumrisses aufweist. Die deutlichste Abwandlung dazu ist das gefiederte Blatt, bei dem die Blattspreite bis zur Mittelrippe, die in diesem Fall Blattspindel oder Rhachis genannt wird, in einzelne Blättchen unterteilt ist. Zwischen diesen beiden Formen gibt es zahlreiche Formen von gelappten Blättern. Einfache, also ungeteilte Blätter werden als der ursprüngliche Typ angesehen (Takhtajan 1973, 30).

Blattrand: Der Blattrand kann eine glatte Kontur besitzen oder unterschiedliche Formen von Zähnen oder Wellen tragen. In der Literatur wird zwischen zahlreichen Varianten unterschieden, je nachdem, ob die Einschnitte beziehungsweise die Ausbuchtungen spitz oder rund sind. Die wichtigsten sind: gesägt, gezähnt, gekerbt, gewellt, gebuchtet (Fitschen et al. 2006). Eine vereinfachte Einteilung ist die Unterscheidung in gezähnten, gewellten oder glatten Blattrand.

Blattadern: Als Blattadern bezeichnet man Leitbahnen, die das Blattgewebe mit Wasser und Mineralien versorgen und die in der Photosynthese gebildeten Kohlenhydrate transportieren (Nultsch 2001). Jedes Blatt besitzt in der Mitte eine kräftige Blattader, die vom Blattstiel zur Blattspitze verläuft. Sie wird als Mittelrippe bezeichnet (Fitschen 2002). Von dieser Mittelrippe zweigen bei Laubblättern mehrere Seitenadern ab, die entweder deutlich dünner oder fast so kräftig wie die Mittelrippe sein können. Die Seitenadern verzweigen sich wiederum in feinere Adern. Diese verzweigte Form der Aderung kommt bei allen Laubbäumen vor und wird Netznervatur genannt (Sitte et al. 1998). Hier zeigt sich eine Problematik bei der Vermittlung von Begriffen: Fachausdrücke werden oft sehr uneinheitlich verwendet. Es handelt sich um ein Leitgewebe, das mit dem botanischen Fachausdruck Leitbündel bezeichnet wird. Bei *Adern* und *Nerven* handelt es sich um Begriffe aus der Zoologie, die beide gleichermaßen auf die Leitbündel übertragen werden. Im Weiteren soll nur der Begriff Aderung verwendet werden. Die Aderung

kommt in vielen unterschiedlichen Varianten vor, ist jedoch innerhalb einer Art recht konstant und kann daher als Unterscheidungskriterium herangezogen werden. Die wichtigsten Varianten sind

- gerade Seitenadern, die unverzweigt zum Blattrand verlaufen. Ein Beispiel sind die Blätter der Hainbuche (*Carpinus betulus*) (Abbildung 3).
- zunächst gerade, erst kurz vor dem Blattrand umbiegende bzw. sich verzweigende Seitenadern, die oft zu einem Bogen verbunden sind. Die Blätter der Pflaume (*Prunus domestica*) sind dafür typisch (Abbildung 4).
- stark gebogene und deutlich zur Blattspitze verlaufende Seitenadern. Es handelt sich um ein charakteristisches Merkmal der Hartriegel-Arten (*Cornus spec.*) (Abbildung 5).
- kaum erkennbare Seitenadern. Vor allem sehr kleine Blätter wie die des Buchsbaums (*Buxus sempervirens*) lassen nur die Mittelrippe erkennen (Abbildung 6).

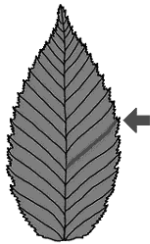


Abbildung 3:
Die Seitenadern verlaufen unverzweigt und gerade zum Blattrand.



Abbildung 4:
Die Seitenadern sind vor dem Blattrand umgebogen und/oder verzweigt.

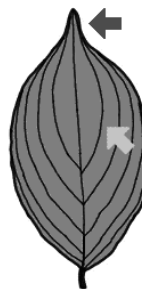


Abbildung 5:
Die Seitenadern sind auffallend zur Blattspitze gebogen.

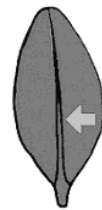


Abbildung 6:
Es ist nur die Mittelrippe gut erkennbar.

- **Blattoberfläche:** Das Blatt ist bedeckt von einem Abschlussgewebe, der Epidermis. Ihr ist wiederum eine Schutzschicht, die Cuticula, aufgelagert. Die Cuticula besteht bei manchen Baumarten, vor allem auf der Blattunterseite, aus einer mächtigen Wachsschicht, die einen weißen Schimmer über das Blatt legt. Sie vermindert die Transpiration von Wasser über die Epidermis und reflektiert übermäßige Energieeinstrahlung (Lüttge et al. 2005). Anderen Blättern verleiht sie eine Festigkeit, wodurch sich die Blätter ähnlich anfühlen wie Leder (Beispiel: Stechpalme, *Ilex aquifolium*). Eine andere Strategie gegen Verdunstung und zu starke Einstrahlung ist die Umwandlung der Epidermiszellen in tote, hohle Haare (Hess

2004, Lüttge et al. 2005). Dieses Kriterium ist mit verschiedenen Sinnen erfassbar, es gibt der Blattunterseite ein silbriges Aussehen (Beispiele: Silberlinde, *Tilia tomentosa*; Silberahorn, *Acer saccharinum*) und fühlt sich pelzig oder filzig an.

Merkmale der Sprossachse

Wuchsform und Sprossmorphologie werden vor allem bei der Bestimmung nach Wintermerkmalen als Unterscheidungskriterien herangezogen. Laubbäume sind in einen Stamm und eine Krone gegliedert (Wagenitz 1996). Der Stamm ist der kräftigste, normalerweise negativ geotrop, also aufrecht wachsende Abschnitt der Sprossachse. Durch sekundäres Dickenwachstum und Verholzung erhält er seine Mächtigkeit und Stabilität (Sitte et al. 1998). Die Krone besteht aus Ästen, Zweigen, Blättern und deren generativen Abwandlungen (Blüten, Früchte). Äste und Zweige sind ebenfalls verholzt und wachsen in unterschiedliche Richtungen. Zwischen Ästen und Zweigen wird in der Literatur nicht eindeutig unterschieden. Meist bezeichnet man als Äste die Sprossachsenabschnitte, die mehr oder weniger direkt vom Stamm abzweigen (Seitenverzweigungen 1. Ordnung; Schütt et al. 1992). Sie sind viel kräftiger als die Zweige (Seitenverzweigungen 2. und höherer Ordnung; Schütt et al. 1992).

Stamm- und **Kronenform** sind von den Wuchsbedingungen abhängig (Schütt et al. 1992) und eignen sich daher nicht als Bestimmungskriterien. Konstanter sind Eigenschaften der **Zweige**, wie lang herabhängende Formen beispielsweise bei Trauerweide (*Salix babylonica*) und Hängebirke (*Betula pendula*) oder ihre Elastizität, was zur Unterscheidung der Bruchweide (*Salix fragilis*) von anderen Weidenarten dient. Auch innere Beschaffenheiten wie das Vorhandensein von Milchsaft bei der Maulbeere (*Morus spec.*) sind charakteristisch. Bei manchen Arten sind die Zweige mit Mark, einem lockeren Gewebe aus toten Zellen gefüllt, das man zum Beispiel in gekammert oder ungekammert, weiß oder braun unterscheiden kann (Fitschen 2002).

Borke, in vielen Büchern auch als Rinde bezeichnet, ist das tote Abschlussgewebe (Periderm) des Stammes und der Äste (Sitte et al. 1998). Sie verändert sich mit dem Alter der Bäume. Die charakteristische Borke ist oft erst bei älteren Bäumen ausgeprägt. Junge Bäume haben vielfach eine relativ glatte Borke. Eine Ausnahme ist der Speierling (*Sorbus domestica*), der schon sehr bald eine schuppige Borke ausbildet und sich daher leicht von der Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) mit ihrer glatten Borke unterscheiden lässt (Schütt et al. 1992). Borken werden in vier Typen unterteilt: Ringelborke, Streifenborke, Plattenborke, Muschelborke. Die Ringelborke der Süßkirsche (*Prunus avium*) und die Plattenborke der Platane (*Platanus x hispanica*) sind so

charakteristisch, dass man die Bäume auch im Winterzustand sehr leicht erkennen kann (Sitte et al. 1998; Hecker 2008).

In den **Knospen** werden Sprosse und Blüten bereits im Vorjahr angelegt. Sie überstehen den Winter im Ruhezustand, um dann im Frühjahr sehr schnell austreiben zu können. Die Internodien des Sprosses sind stark verkürzt (Wagenitz 1996). Zum Schutz gegen Verletzungen sind diese Anlagen von Knospenschuppen umgeben. Es handelt sich dabei um feste, manchmal klebrige oder behaarte Blattabwandlungen, die die Knospe fest umschließen. Oft sind Form, Größe, Beschaffenheit und Anzahl der Knospenschuppen artspezifisch und dienen als wichtige Unterscheidungskriterien bei der Bestimmung von Laubbäumen im Winter (Hecker 2008). Während der Vegetationsperiode sind die Knospen entweder gerade ausgetrieben oder noch wenig entwickelt. Nur in Einzelfällen können Merkmale der Knospen Kriterien der Blattmorphologie ergänzen, zum Beispiel bei der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*), die an ihren kräftigen schwarzen Knospen eindeutig zu erkennen ist (Fitschen 2002).

Blattnarben sind Narben, die nach dem Blattfall am Zweig zurück bleiben. Ihr Umriss entspricht der Form des Blattstielansatzes. In der Mitte der Narben sind die verschlossenen Leitbündel zu sehen, die zuvor das Blatt mit Wasser und Mineralstoffen versorgt und Photosyntheseprodukte abtransportiert haben. Sie werden als Bündelspuren bezeichnet (Schütt et al. 1992). Die Form der Blattnarben ist sehr charakteristisch und wird wie die Knospen zur Bestimmung von Laubbäumen im Winter verwendet (Hecker 2008).

Generative Merkmale

Bei **Blüten** handelt es sich um Organe zur sexuellen Fortpflanzung, deren Bestandteile alle auf umgewandelte Blätter zurückgehen (Wagenitz 1996; Schmeil et al. 2006). Diese Abstammung äußert sich im Namen: Fruchtblatt, Staubblatt, Blütenkronblatt, Kelchblatt. Die Blütenhülle dient vor allem der Anlockung von Bestäubern (Sitte et al. 1998). Nach der Befruchtung verliert sie ihre Funktion und geht, ebenso wie die Staubblätter, zugrunde. Zurück bleiben die Fruchtblätter, die sich zur Frucht entwickeln. Dementsprechend sind Blüten nur über einen kurzen Zeitraum am Baum zu finden und eignen sich aufgrund dieser kurzen Verfügbarkeit als Bestimmungskriterien weniger gut als Laubblätter.

Die **Früchte** bestehen aus der Fruchthülle und den darin enthaltenen Samen. Die Fruchthülle hat zahlreiche Funktionen. Sie dient dem Schutz und verhindert vorzeitiges Auskeimen. Zur Verbreitung der Samen lockt sie Tiere an, bietet dem Wind Angriffsfläche oder heftet sich an Haut, Fell und Kleidung von Mensch und Tier (Sitte et al. 1998). Es gibt eine große Vielfalt an Fruchtformen, die art-, gattungs- oder familienspezifisch sind und daher leicht als

Bestimmungskriterien verwendet werden könnten (Schmeil et al. 2006). Wie bei den Blüten besteht jedoch das Problem, dass sie bei den meisten Bäumen nur über einen kurzen Zeitraum am Baum zu erkennen sind und daher nur als ergänzende Kriterien herangezogen werden können. Ausnahmen sind Bäume wie der Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*) und der Trompetenbaum (*Catalpa bignonioides*), bei denen die Samen durch den Wind verbreitet werden und die Fruchthüllen so lange am Baum verbleiben, dass man unreife grüne Früchte neben braunen Fruchthüllen aus dem Vorjahr sehen kann (Schütt et al. 1992).

2.1.6 Die Relevanz „exotischer“ Baumarten in der Alltagsumgebung

Der an sich schon großen Zahl der in Mitteleuropa heimischen Gehölze steht eine noch größere Zahl eingeführter Arten aus Nordamerika, den gemäßigten Zonen Asiens und dem Mittelmeerraum gegenüber. Das Standardwerk *Fitschen Gehölzflora* (Fitschen 2002) beschreibt rund 290 Gehölz-Gattungen mit etwa 1370 Arten.

Viele Sachbücher und Bestimmungsmaterialien für Kinder berücksichtigen nur einheimische Baumarten. Diese haben überwiegend größere Bestandszahlen als standortfremde und sind ökologisch wertvoller, da sie mehr Tieren Nahrung und Lebensraum bieten (Kennedy & Southwood 1984). Deshalb ist es richtig, den Schwerpunkt bei der Vermittlung von Formenkenntnissen auf einheimische Arten zu legen. Zur Lebenswelt der Kinder gehören jedoch auch eingeführte Baumarten, denen der Begriff 'Exoten' nicht gerecht wird, da sie zum Bild unserer Städte gehören. Erst wenn sie namentlich bekannt sind, ist die Abgrenzung zur einheimischen Vegetation möglich. Sonst werden häufige Straßenbäume wie Amberbaum und Götterbaum schnell in das Schema der einheimischen Arten eingeordnet und demzufolge der Amberbaum mit seinen handförmig geteilten Blättern als „Ahorn“, der Götterbaum mit gefiederten Blättern und zahlreichen geflügelten Früchten als „Esche“ angesprochen. Um solche Übertragungen zu vermeiden, sollten Bestimmungshilfen auch die häufigeren eingeführten Park- und Straßenbäume enthalten. Ein Hinweis auf die Bedeutung eingeführter Baumarten geben Baumartenlisten von Städten. In Tabelle 9 ist die Häufigkeit der Laubbäume an Straßen und in Parks von Karlsruhe aufgelistet. In der großen Anzahl an Ahornbäumen verbergen sich neben den einheimischen Arten Bergahorn, Spitzahorn und Feldahorn auch zahlreiche standortfremde Zierarten. Auch die Gattungen „Kirsche“ (*Prunus*) und „Apfel“ (*Malus*) enthalten viele „Exoten“.

Tabelle 9: Laubbaumgattungen unter den Park- und Straßenbäumen in Karlsruhe. Gattungen aus Ostasien und/oder Nordamerika sind fett gedruckt, Gattungen aus Süd- oder Südosteuropa kursiv (Daten aus „Bäume in unserer Stadt“, Gartenbauamt Karlsruhe 1998). In der genannten Quelle wurden nur deutsche Baumnamen verwendet, deshalb wurde hier auf die Nennung lateinischer Namen verzichtet.

Häufigkeit	> 10.000	10.000-5.000	4.999-3.000	2.999-1.000	999-500	499-300
Baumarten (Anzahl der Exemplare)	Ahorn (35.787)	Kirsche (8.698)	Buche (4.949)	Weißdorn (2.225)	Baumhasel (920)	Götterbaum (429)
	Hainbuche (21.284)	Linde (7.442)	Birke (4.762)	Vogelbeere (1.898)	<i>Walnuss</i> (886)	Tulpenbaum (395)
	Eiche (14.193)	Esche (5027)	Pappel (4.157)	Ulme (1.123)	Trompeten- baum (821)	Gleditschie (373)
	Robinie (10.418)		Weide (4.126)		Birne (801)	<i>Esskastanie</i> (367)
			Platane (3.749)		Apfel (765)	Amberbaum (301)
			<i>Rosskastanie</i> (3.541)		Perlschnur- baum (645)	
			Erle (3.041)			

Doch welche Rolle spielen die eingeführten Arten in der Schule? Auf die Frage, welche Organismen im Laufe einer Schulzeit im Unterricht vermittelt werden sollten, ermittelte Mayer 1992 aus den Antworten neben 19 heimischen auch acht ursprünglich gebietsfremde Laubbaumarten. Es handelte sich um die häufigen Straßenbäume Platane und Rosskastanie, die Obstbäume Pflaume, Pfirsich und Walnuss sowie die beliebten Zierpflanzen Goldregen und Flieder. Der Ginkgo wurde außerdem unter dem Aspekt von Vielfalt und Systematik genannt, vermutlich, weil er als sehr ursprünglicher Nacktsamer ein sogenanntes 'lebendes Fossil' darstellt. In 20 untersuchten Sachunterrichtsbüchern waren davon nur die Rosskastanie (fünfmal) und die Pflaume (einmal) vertreten (siehe Kapitel 2.2.2, Tabelle 10).

2.2 Methode

2.2.1 Leitlinien für die Entwicklung einer kindgerechten Bestimmungshilfe

Die Eignung der Laubbäume für erste Bestimmungsübungen in der Grundschule und die große Nachfrage nach einer kindgerechten Bestimmungshilfe für Laubbäume (Baum & Lehnert 1999) sprachen dafür, an dieser Stelle anzusetzen und eine erweiterte Laubbaum-Bestimmungshilfe zu entwickeln. Die grundlegenden Eigenschaften der Bestimmungshilfe von Baum & Lehnert (1999), wie die Anwendung am Computer, die kindgerechte Gestaltung mit Texten und

Abbildungen und der dichotome Bestimmungsweg, sollten beibehalten werden. In Bezug auf die Anwenderfreundlichkeit und Eignung als Unterrichtsmaterial und Instrument der didaktischen Forschung (Kapitel 4) sowie in der Darbietung mehrperspektivischer Informationen sollte sie jedoch wesentliche Neuerungen bieten. Auf Grundlage der biologiedidaktischen Forschung und dem aktuellen Stand des Angebots an Bestimmungsmaterialien lassen sich die folgenden Leitlinien für die Entwicklung einer geeigneten Bestimmungshilfe für Grundschul Kinder aufstellen.

(1) Auswahl der Bestimmungsobjekte nach Relevanz für Unterricht und Lebenswelt

Die Auswahl der bestimmbar en Organismen sollte sich an deren Relevanz für den Unterricht und ihrem Auftreten in der Alltagsumgebung orientieren.

(2) Auswahl geeigneter Unterscheidungskriterien

Die Unterscheidungskriterien sollten so gewählt sein, dass die erfragten Merkmale über einen möglichst langen Zeitraum möglichst leicht erkennbar sind. Gleichzeitig sollten die Kriterien eindeutig sein und die Merkmalsausprägungen keine hohe Variabilität aufweisen.

(3) Wahl der Form des Bestimmungswegs

Die Form des Bestimmungswegs - z.B. Dichotomie, Flussdiagramm, synoptische Tabelle - sollte den Anforderungen entsprechend gewählt sein. Im Unterricht können solche Anforderungen zum Beispiel Wissenschaftspropädeutik und die Vermittlung von Arbeitsweisen sein. Auch die kognitive Belastung bei der Anwendung kann durch die Wahl der Form beeinflusst werden.

(4) Kindgerechte Gestaltung

Grafische Gestaltung und Formulierungen der Texte sollen an die Altersstufe der Zielgruppe angepasst sein.

(5) Strukturierte Artbeschreibungen zur Kontrolle der Bestimmungsergebnisse und zur mehrperspektivischen Beschäftigung mit Formenvielfalt

Für die Wiedererkennung und die Bestätigung des Bestimmungsergebnisses durch Eigenkontrolle (Sturm 1982) sollten die Arten detailliert beschrieben werden. Für die Aneignung umfassender Formenkenntnisse, die über die Kenntnis der Morphologie hinausgehen, sind weitere Informationen nötig. Beschreibungen jahreszeitlicher Aspekte sollten die zum Bestimmungszeitpunkt erkennbaren Details vervollständigen und zur Beobachtung im Jahresverlauf anregen (Masuch 2004). Wiederholungen der Baumnamen in den Texten und Hinweise auf den Merkmalsbezug der Namen (Randler & Metz 2005) sollten das Erlernen der

Artnamen erleichtern und Informationen zu Morphologie, Nutzung, Lebensraum, Ökologie und Mythologie die mehrperspektivische Beschäftigung mit Formenkenntnissen ermöglichen (Mayer 1992). Um trotz der Fülle die Kinder nicht zu überfordern und zu demotivieren, sollten die Inhalte stark strukturiert und nach Bedarf bzw. Interesse aufrufbar sein.

(6) Praktikabilität durch hohe Flexibilität.

Die Bestimmungshilfe sollte optimal an unterschiedliche Einsatzbedingungen angepasst bzw. anpassbar sein.

(7) Verfügbarkeit für eine große Gruppe an Interessierten.

Die Bereitstellung und Bekanntmachung des Materials sollte so beschaffen sein, dass möglichst viele Interessierte davon Kenntnis erhalten sowie problemlos darauf zugreifen können und gleichzeitig eine große Probandenzahl für die Evaluation erreichbar ist.

2.2.2 Auswahl der Baumarten nach ihrer Relevanz

Da die Bestimmungshilfe auch als Unterrichtsmaterial gedacht ist, sollte sie auf jeden Fall diejenigen Baumarten berücksichtigen, die für Kinder als didaktisch relevant erachtet werden. Für diese Beurteilung wurden die folgenden Quellen zu Rate gezogen:

- Grundschulbücher (siehe Kapitel 6, Literatur)
- eine Studie zur Formenvielfalt im Biologieunterricht (Mayer 1992)
- Bestimmungshilfen für Kinder (siehe Kapitel 2.1.1.3)

Darüber hinaus spielt für die Lebenswelt von Kindern eine Rolle, welche Baumarten tatsächlich in ihrer Alltagsumgebung wachsen. Das Standardwerk *Gehölzflora* (Fitschen 2002) gab Auskunft über alle Gehölzarten, die in Mitteleuropa wild wachsen oder angepflanzt sind, darunter ca. 425 Laubbaumarten. Diese Arten wurden nach Herkunft und Standort mit unterschiedlicher Priorität beurteilt. Arten, die nicht in Mitteleuropa heimisch sind, wurden nur aufgenommen, wenn sie eine hohe Relevanz als Forst-, Straßen- oder Parkbäume haben. Um dies zu beurteilen, wurden acht weitere Gehölzfloren, Baumkataster verschiedener Städte und der Baumbestand in Karlsruher Parks (Gartenbauamt Karlsruhe 1998) mit einbezogen.

Die nach den oben genannten Kriterien ausgewählten Baumarten wurden in mindestens vier, meist jedoch in mindesten sechs der neun Gehölzfloren beschrieben. Die meisten Laubbaumgattungen, die in den Schulbüchern und Bestimmungshilfen für Kinder vertreten waren, wurden auch in der Studie zur Formenvielfalt im Biologieunterricht (Mayer 1992)

genannt. Zwischen den Schulbüchern und Bestimmungshilfen für Kinder gab es jedoch starke Abweichungen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Häufigkeit der Beschreibung von Laubbaumarten oder -gattungen in Schulbüchern, Gehölzflora und in Bestimmungshilfen für Kinder sowie ihre Nennung in der Studie zur Formenvielfalt im Biologieunterricht (Mayer 1992). Ausgewählt wurden nur Arten oder Gattungen, die in der Studie, in Schulbüchern oder in Bestimmungshilfen für Kinder (siehe Kapitel 2.1.1.3) vorkommen.

Baumart / Gattung	Häufigkeit in Schulbüchern (N=20)	Häufigkeit in Gehölzflora (N=9)	Nennung in der Studie zur Formenvielfalt	Häufigkeit in Bestimmungshilfen für Kinder (N=7)
Eiche (<i>Quercus spec.</i>)	13	9	ja	7
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)	11	9	ja	7
Ahorn (<i>Acer spec.</i>)	9	9	ja	7
Roskastanie (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	5	9	ja	7
Linde (<i>Tilia spec.</i>)	4	9	ja	7
Birke (<i>Betula pendula</i>)	3	9	ja	7
Kirsche (<i>Prunus avium</i>)	2	8	ja	4
Apfel (<i>Malus domestica</i>)	2	7	ja	4
Haselnuss (<i>Corylus avellana</i>)	1	6	ja	4
Holunder (<i>Sambucus nigra</i>)	1	9	ja	4
Pappel (<i>Populus spec.</i>)	1	9	ja	7
Birne (<i>Pyrus communis</i>)	1	9	ja	4
Pflaume (<i>Prunus spec.</i> ohne <i>P. spinosa</i> und <i>P. avium</i>)	1	6	ja	4
Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	-	9	ja	7
Vogelbeere (<i>Sorbus aucuparia</i>)	-	9	ja	7
Ulme (<i>Ulmus spec.</i>)	-	9	ja	7

Baumart / Gattung	Häufigkeit in Schulbüchern (N=20)	Häufigkeit in Gehölzflora (N=9)	Nennung in der Studie zur Formenvielfalt	Häufigkeit in Bestimmungshilfen für Kinder (N=7)
Weißdorn (<i>Crataegus spec.</i>)	-	9	ja	4
Hartriegel (<i>Cornus spec.</i>)	-	6	nein	1
Weide (<i>Salix spec.</i>)	-	8	ja	7
Erle (<i>Alnus glutinosa</i>)	-	9	ja	7
Schlehe (<i>Prunus spinosa</i>)	-	4	ja	3
Robinie (<i>Robinia pseudacacia</i>)	-	9	nein	4
Walnuss (<i>Juglans regia</i>)	-	9	ja	5
Mehlbeere (<i>Sorbus spec.</i>)	-	9	nein	1
Sanddorn (<i>Hippophae rhamnoides</i>)	-	7	nein	0
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	-	9	ja	7
Esskastanie (<i>Castanea sativa</i>)	-	9	nein	7
Platane (<i>Platanus x hispanica</i>)	-	7	ja	7
Ginkgo (<i>Ginkgo biloba</i>)	-	7	ja	4
Pfaffenhütchen (<i>Euonymus europaeus</i>)	-	4	ja	1
Götterbaum (<i>Ailanthus altissima</i>)	-	9	nein	1
Stechpalme (<i>Ilex aquifolia</i>)	-	9	nein	5
Goldregen (<i>Laburnum anagyroides</i>)	-	9	ja	2
Flieder (<i>Syringa vulgaris</i>)	-	4	ja	0

2.3 Ergebnisse

Entsprechend den Leitlinien in Kapitel 2.2.1 wurde ein Konzept für die Gestaltung einer konkreten kindgerechten Bestimmungshilfe ausgearbeitet und auf dessen Grundlage der dichotome Bestimmungsschlüssel „Eikes Baumschule“ (<http://baum.bio-div.de>) entwickelt (Feketitsch 2005), der in erster Linie für die Anwendung am Computer gedacht ist und sich alternativ als Bestimmungsheft ausdrucken lässt. Navigation, Layout, Abbildungen und Texte sollten für Schülerinnen und Schüler ab der dritten Klasse leicht verständlich und ansprechend sein. Eine große Anzahl an beschriebenen Baumarten sollte gewährleisten, dass alle Baumarten der Alltagsumgebung bestimmbar sind. Gleichzeitig sollten kurze Bestimmungswege möglich sein. Dieser scheinbare Widerspruch wurde gelöst durch die Entwicklung eines Bestimmungsschlüssel-Bausatzes, der angepasst an den individuellen Bedarf die Erstellung von Bestimmungsschlüsseln mit geringerer Anzahl an Baumarten und verkürzten Bestimmungswegen ermöglicht.

2.3.1 Taxonomische Ebene der Bestimmungsergebnisse und ausgewählte Arten

Es erwies sich als sinnvoll, die meisten Bestimmungswege zur Ebene der Baumart zu führen. Sofern sich jedoch die Blattmorphologie eng verwandter Arten sehr stark ähnelte, wurden diese in einer Beschreibung als Gattung oder Artengruppe zusammengefasst. Es entstanden fünf Kategorien von Baumbeschreibungen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Kategorische Einteilung der taxonomischen Ebene der Baumbeschreibungen

Kategorie Nr.	Taxonomische Ebene des verwendeten Namens	Beschreibung der Kategorie	Beispiel
1	Art	Die Beschreibung gilt genau für eine Baumart.	Speierling (<i>Sorbus domestica</i>)
2	Gattung	Die Beschreibung gilt für die wichtigsten in Mitteleuropa vorkommenden Baumarten dieser Gattung.	Ulme (<i>Ulmus laevis</i> , <i>U. glabra</i> , <i>U. carpinifolia</i>)
3	Gattung	Es kommt nur eine Baumart der Gattung in Mitteleuropa vor.	Mispel (<i>Mespilus germanica</i>)
4	Artengruppe	Die Beschreibung gilt für eine Artengruppe mit einem eigenen Namen.	Mehlbeere (<i>Sorbus aria</i> , <i>S. intermedia</i> , <i>S. latifolia</i> , <i>S. mougeotii</i>)
5	Art	Der Bestimmungsweg führt noch zu anderen Arten, auf die der Artname nicht zutrifft.	Hängebirke (<i>Betula pendula</i>); weitere Arten: <i>B. papyrifera</i> , <i>B. populifolia</i> , <i>B. davurica</i> , <i>B. platyphylla</i>
6	Gattung	Die Beschreibung trifft nur auf eine Art dieser Gattung zu.	Tulpenbaum (<i>Liriodendron tulipifera</i>) – gilt nicht für <i>L. chinense</i> .

Insgesamt wurden 85 Arten, Artengruppen oder Gattungen ausgewählt und in den Bestimmungsweg eingebaut (Tabelle 12). 39 Beschreibungen stellen einheimische, 41 Beschreibungen eingeführte Laubbäume und fünf Beschreibungen Obst- und Nussbäume dar.

Tabelle 12: Namen der Baumbeschreibungen und Arten bzw. Gattungen, für die sie repräsentativ sind (nach Fitschen 2002). Die Kategorien entsprechen den in Tabelle 11 genannten.

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
1 Amberbaum	Liquidambar	<i>L. styraciflua</i> (Amerikanischer A.)	-	6
2 Apfel	Malus	<i>M. pumila</i> (Obst-A.), <i>M. prunifolia</i> (Kirsch-A.)	<i>M. sylvestris</i> (Holzapfel), <i>M. prattii</i> , <i>M. yunnanensis</i> , <i>M. spectabilis</i> , <i>M. angustifolia</i> , <i>M. hupehensis</i> , <i>M. baccata</i> ; Hybriden	2
3 Baumhasel	Corylus	<i>C. colurna</i> (B.)	-	1

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
4 Bergahorn	Acer	<i>A. pseudoplatanus</i> (Berg-A.)	-	1
5 Birne	Pyrus	<i>P. domestica</i> (Kultur-B.)	<i>P. communis</i> (Gewöhnliche B.), <i>P. ussuriensis</i> (Amur-B.), <i>P. calleryana</i>	2
6 Blasenese	Koelreuteria	<i>K. paniculata</i> (B.)	-	3
7 Blauglockenbaum	Paulownia	<i>P. tomentosa</i> (B.)	<i>P. lilacina</i>	2
8 Blumenesche	Fraxinus	<i>F. ornus</i> (Blumen-E.)	<i>F. bungeana</i> (Bunges Blumen-E.), <i>F. sieboldiana</i>	1
9 Blumenhartriegel	Cornus	<i>C. florida</i> (Blumen-H.)	<i>C. kousa</i> (Japanischer Blumen-H.), <i>C. nuttallii</i> (Nuttals Blumen-H.)	4
10 Blutpflaume	Prunus	<i>P. cerasifera</i> ‚Atropurpurea‘ (Blut-P.)	-	1
11 Bruchweide	Salix	<i>S. fragilis</i> (Bruch-W.)	-	1
12 Buchsbaum	Buxus	<i>B. sempervirens</i> (Gewöhnlicher B.)	-	3
13 Burgenahorn	Acer	<i>A. monspessulanum</i> (Burgen-A.)	-	1
14 Butternuss	Juglans	<i>J. cinerea</i> (B.)	-	1
15 Elsbeere	Sorbus	<i>S. torminalis</i> (E.)	-	1
16 Eschenahorn	Acer	<i>A. negundo</i> (Eschen-A.)	<i>A. nikoense</i> (Nikko-A.), <i>A. cissifolium</i> (Jungfern-A.), <i>A. griseum</i> (Zimt-A.), <i>A. mandshuricum</i> (Mandschurischer A.)	5
17 Essigbaum	Rhus	<i>R. typhina</i> (E.)	-	1
18 Esskastanie	Castanea	<i>C. sativa</i> (Ess-K.)	<i>C. crenata</i> (Japanische K.), <i>C. dentata</i> (Amerikanische K.), <i>C. pumila</i> (Chinquapin)	2
19 Fächerahorn	Acer	<i>A. palmatum</i> (Echter F.-A.), <i>A. japonicum</i> ‚Aconitifolium‘ (Thunbergs F.-A.)	<i>A. sieboldianum</i> (Siebolds F.-A.)	4
20 Feldahorn	Acer	<i>A. campestre</i>	-	1
21 Felsenbirne	Amelanchier	<i>A. ovalis</i> (Echte F.), <i>A. lamarckii</i> (Kupfer-F.)	<i>A. asiatica</i> (Japan-F.), <i>A. arborea</i> (Schnee-F.), <i>A. laevis</i> (Kahle F.)	2
22 Flieder	Syringa	<i>S. vulgaris</i> (Garten-F.)	andere Syringa-Arten (Sträucher)	2

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
23 Flügelnuss	Pterocarya	<i>P. fraxinifolia</i> (Kaukasische F.)	<i>P. stenoptera</i> (Chinesische F.), <i>P. rhoifolia</i> (Japanische F.)	2
24 Gemeine Esche	Fraxinus	<i>F. excelsior</i> (Gemeine E.)	-	1
25 Geweihbaum	Gymnocladus	<i>G. dioicus</i> (G.)	-	3
26 Ginkgo	Ginkgo	<i>G. biloba</i> (G.)	-	3
27 Gleditschie	Gleditsia	<i>G. triacanthos</i> (Amerikanische G.)	<i>G. sinensis</i> (Chinesische G.), <i>G. japonica</i> (Japanische G.), <i>G. caspica</i> (Kaukasische G.)	2
28 Goldregen	Laburnum	<i>L. anagyroides</i> (Gemeiner G.)	<i>L. alpinum</i> (Alpen-G.)	2
29 Götterbaum	Ailanthus	<i>A. altissima</i> (G.)	-	3
30 Hainbuche	Carpinus	<i>C. betulus</i> (Gemeine H.)	<i>C. caroliniana</i> (Amerikanische H.), <i>C. cordata</i> (Herzblättrige H.), <i>C. japonica</i> (japanische H.)	2
31 Hängebirke	Betula	<i>B. pendula</i> (Hänge-B.)	<i>B. pubescens</i> (Moor-B.), <i>B. populifolia</i> (Grau-B.), <i>B. davurica</i> (Dahurische B.), <i>B. papyrifera</i> (Papier-B.), <i>B. platyphylla</i> (Mandschurische B.)	5
32 Haselnuss	Corylus	<i>C. avellana</i> (H.), <i>C. maxima</i> (Lamberts-nuss)	<i>C. americana</i> (Amerikanische Hasel), <i>C. heterophylla</i> (Mongolische H.), <i>C. sieboldiana</i> (Japanische H.), <i>C. cornuta</i> (Schnabelnuss)	1
33 Holunder	Sambucus	<i>S. nigra</i> (Schwarzer H.), <i>S. racemosa</i> (Trauben-H.)	-	2
34 Judasbaum	Cercis	<i>C. siliquastrum</i> (Gemeiner J.)	-	6
35 Kleeulme	Ptelea	<i>P. trifoliata</i> (K.)	-	3
36 Kolchischer Ahorn	Acer	<i>A. cappadocicum</i> (Kolchischer Spitz-A.)	<i>A. lobelii</i> (Kalabrischer Spitz-A.), <i>A. truncatum</i> (Chinesischer Spitz-A.), <i>A. mono</i> (Japanischer Spitz-A.)	5
37 Kornelkirsche	Cornus	<i>C. mas</i> (K.)	-	1

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
38 Kreuzdorn	Rhamnus	<i>R. cathartica</i> (K.)	-	3
39 Magnolie	Magnolia	<i>M. x soulangiana</i> (Tulpen-M.), <i>M. kobus</i> (Kobushi-M.)	<i>M. grandiflora</i> , <i>M. fraseri</i> , <i>M. acuminata</i> , <i>M. cordata</i> , <i>M. macrophylla</i> , <i>M. stellata</i> , <i>M. tripetala</i> , <i>M. hypoleuca</i> , <i>M. sieboldii</i> , <i>M. wilsonii</i> , <i>M. salicifolia</i> , <i>M. denudata</i>	2
40 Maulbeere	Morus	<i>M. nigra</i> (Schwarze M.), <i>M. rubra</i> (Rote M.), <i>M. alba</i> (Weiße M.)	-	2
41 Mehlbeere	Sorbus	<i>S. intermedia</i> (Schwedische M.), <i>S. aria</i> (Echte M.), <i>S. latifolia</i> (Breitblättrige M.)	<i>S. mougeotii</i> (Berg-M.)	4
42 Mispel	Mespilus	<i>M. germanica</i> (M.)	-	3
43 Ölweide	Elaeagnus	<i>E. angustifolia</i> (Ö.)	-	3
44 Perlschnurbaum	Sophora	<i>S. japonica</i> (P.)	-	3
45 Pfaffenhütchen	Euonymus	<i>E. europaeus</i> (Europäisches P.)	-	3
46 Pfirsich	Prunus	<i>P. persica</i> (P.)	-	1
47 Pflaume	Prunus	<i>P. domestica</i> (Kultur-P.)	-	6
48 Platane	Platanus	<i>P. x hispanica</i> Ahornblättrige P.), <i>P. occidentalis</i> (Amerikanische P.), <i>P. orientalis</i> (Morgenländische P.)	-	2
49 Pyrenäeneiche	Quercus	<i>Q. pyrenaica</i> (P.-E.)	-	1
50 Robinie	Robinia	<i>R. pseudacacia</i> (Gemeine R.)	-	2
51 Rosskastanie	Aesculus	<i>A. hippocastanum</i> (Balkan-R.)	<i>A. x carnea</i> (Rote R.), <i>A. glabra</i> (Ohio-R.), <i>A. flava</i> (Appalachen-R.), <i>A. sylvatica</i> (Strauch-R.), <i>A. turbinata</i> (Japan-R.), <i>A. discolor</i> (Gelbrote R.)	2
52 Rotbuche	Fagus	<i>F. sylvatica</i> (R.-B.)	<i>F. orientalis</i> (Orient-B.), <i>F. japonica</i> (Japanische B.), <i>F. engleriana</i> (Englers B.)	5
53 Roteiche	Quercus	<i>Q. rubra</i> (Rot-E.)	<i>Q. palustris</i> (Sumpf-E.), <i>Q. coccinea</i> (Scharlach-E.), <i>Q. velutina</i> (Färber-E.)	5

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
54 Roter Hartriegel	Cornus	<i>C. sanguinea</i> (Roter H.)	-	1
55 Salweide	Salix	<i>S. caprea</i> (Sal-W.)	-	1
56 Sanddorn	Hippophaë	<i>H. rhamnoides</i> (Gemeiner S.)	-	6
57 Schlehe	Prunus	<i>P. spinosa</i> (S., Schwarzdorn)	-	1
58 Schwarzerle	Alnus	<i>A. glutinosa</i> (Schwarz-E.)	-	1
59 Schwarznuss	Juglans	<i>J. nigra</i> (S.)	-	1
60 Schwarzpappel	Populus	<i>P. nigra</i> (S.-P.), <i>P. x canadensis</i> (Hybrid-P.), <i>P. nigra var. italica</i> (Pyramiden-P.)	<i>P. balsamifera</i> (Balsam-P.), <i>P. deltoides</i> (Kanadische Schwarz-P.)	5
61 Silberhorn	Acer	<i>A. saccharinum</i> (Silber-A.)	-	1
62 Silberlinde	Tilia	<i>T. tomentosa</i> (Silber-L.)	<i>T. mandshurica</i> (Mandschurische L.), <i>T. heterophylla</i> (Verschiedenblättrige L.), <i>T. petiolaris</i> (Hänge-Silber-L.)	5
63 Silberpappel	Populus	<i>P. alba</i> (S.-P.)	<i>P. canescens</i> (Grau-P.)	5
64 Silberweide	Salix	<i>S. alba</i> (S.-W.)	-	1
65 Sommerlinde	Tilia	<i>T. platyphyllos</i> (S.-L.)	<i>T. x vulgaris</i> (Holländische L.)	5
66 Speierling	Sorbus	<i>S. domestica</i> (S.)	-	1
67 Stechpalme	Ilex	<i>I. aquifolium</i> (Gemeine S.)	<i>I. pernyi</i> (Rautenblättrige S.), <i>I. ciliospinosa</i> (Grannenborstige S.), <i>I. opaca</i> (Amerikanische S.)	2
68 Stieleiche	Quercus	<i>Q. robur</i> (Stiel-E.)	-	1
69 Streifenahorn	Acer	<i>A. pensylvanicum</i> (Amerikanischer S.-A.)	<i>A. capillipes</i> (Rotstieliger S.-A.), <i>A. rufinerve</i> (Rosthaariger S.-A.)	4
70 Süßkirsche	Prunus	<i>P. avium</i> (S.-K.)	-	1
71 Traubeneiche	Quercus	<i>Q. petraea</i> (T.-E.)	-	1
72 Traubenkirsche	Prunus	<i>P. serotina</i> (Späte T.-K.), <i>P. padus</i> (Auen-T.-K.)	<i>P. maackii</i> (Amur-T.-K.), <i>P. virginiana</i> (Virginische T.-K.)	4

Nr. und Name der Beschreibung	Gattung	Dargestellte Arten	Weitere auf diesem Weg bis zur Gattung bestimmbare Arten	Kategorie
73 Trauerweide	Salix	<i>S. x elegantissima</i> (Bastard-T.-W.), <i>S. babylonica</i> (Chinesische T.-W.)	-	4
74 Trompetenbaum	Catalpa	<i>C. bignonioides</i> (Gewöhnlicher T.)	<i>C. ovata</i> (Kleinblütiger T.), <i>C. speciosa</i> (Prächtiger T.)	2
75 Tulpenbaum	Liriodendron	<i>L. tulipifera</i> (T.)	-	2
76 Ulme	Ulmus	<i>U. laevis</i> (Flatter-U.), <i>U. glabra</i> (Berg-U.), <i>U. carpinifolia</i> (Feld-U.)	<i>U. americana</i> (Weiß-U.), <i>U. rubra</i> (Rot-U.), <i>U. procera</i> (Englische U.), <i>U. x hollandica</i> (Holländische U.)	2
78 Vogelbeere	Sorbus	<i>S. aucuparia</i> (V., Eberesche)	-	1
79 Walnuss	Juglans	<i>J. regia</i> (W.)	-	1
80 Weißdorn	Crataegus	<i>C. monogyna</i> (Eingrifflicher W.), <i>C. laevigata</i> (Zweiggrifflicher W.)	<i>C. pinnatifida</i> , <i>C. entagyna</i> , <i>C. tanacetifolia</i> , <i>C. nigra</i> , <i>C. curvisepala</i> , <i>C. laciniata</i>	2
81 Wintergrüne Eiche	Quercus	<i>Q. x turneri</i> (W. E.)	-	1
82 Winterlinde	Tilia	<i>T. cordata</i> (Winter-L.)	<i>T. x vulgaris</i> (Holländische L.)	5
83 Zerreiche	Quercus	<i>Q. cerris</i> (Z.-E.)	-	1
84 Zitterpappel	Populus	<i>P. tremula</i> (Z.-P.)	-	1
85 Zürgelbaum	Celtis	<i>C. occidentalis</i> (Nordamerikanischer Z.)	<i>C. glabrata</i> (Kahler Z.), <i>C. tournefortii</i> (Tourneforts Z.)	2

2.3.2 Ausgewählte Bestimmungskriterien

Vor der Entwicklung des Bestimmungswegs wurden die Bestimmungsschlüssel unterschiedlicher Gehölzflora miteinander verglichen (Godet 1987, Fitschen 2002, Dreyer 2003), um zu ermitteln, welche der verwendeten Unterscheidungskriterien am besten geeignet waren.

In die Auswahl kamen Kriterien,

- die sich auf oberirdische vegetative Pflanzenteile beziehen. Dazu gehören die Morphologie der Laubblätter, die Blattanordnung am Zweig, die Wuchsform der Pflanze und die Morphologie der Borke.
- die sich zwar auf generative Pflanzenteile beziehen, jedoch das ganze Jahr über am Baum zu erkennen sind. In Ausnahmefällen können auch andere Kriterien generativer Pflanzenteile am Ende von Bestimmungswegen in Ergänzung zu anderen Kriterien erscheinen.
- die mit bloßem Auge gut erkennbar sind.
- deren angesprochene Merkmale in ihrer Ausprägung wenig variabel sind.

Die vorausgewählten Kriterien wurden am Originalobjekt überprüft und gegebenenfalls angepasst. Darüber hinaus wurden neue Kriterien aufgestellt. Dabei war der Vergleich mehrerer Individuen einer Baumart wichtig, um eine Allgemeingültigkeit der Kriterien zu gewährleisten.

Der entwickelte Bestimmungsschlüssel enthält zu 90 % Kriterien der Blattmorphologie, um auch dann zu einem sicheren Ergebnis zu kommen, wenn nur Blätter gesammelt wurden. Rund acht Prozent der Kriterien beziehen sich auf die Morphologie der Sprossachse (Borke, Zweige, Blattstellung, Knospen) (Abbildung 7). Generative Pflanzenteile (Früchte, Blüten) wurden nur am Ende des Bestimmungswegs zu ein Prozent als ausschließliches Merkmal einbezogen (Abbildung 7). Kriterien der generativen Pflanzenteile wurden nur in Ausnahmefällen gewählt, etwa zur Unterscheidung der Arten *Paulownia tomentosa* (Blauglockenbaum) und *Catalpa bignonioides* (Trompetenbaum), deren Fruchtkapseln das ganze Jahr am Baum sichtbar sind oder der Hartriegelarten *Cornus mas* (Kornelkirsche) und *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel), bei denen Kriterien der Blüten- und Fruchtmorphologie miteinander kombiniert wurden, um eine längere Zeitspanne abzudecken.

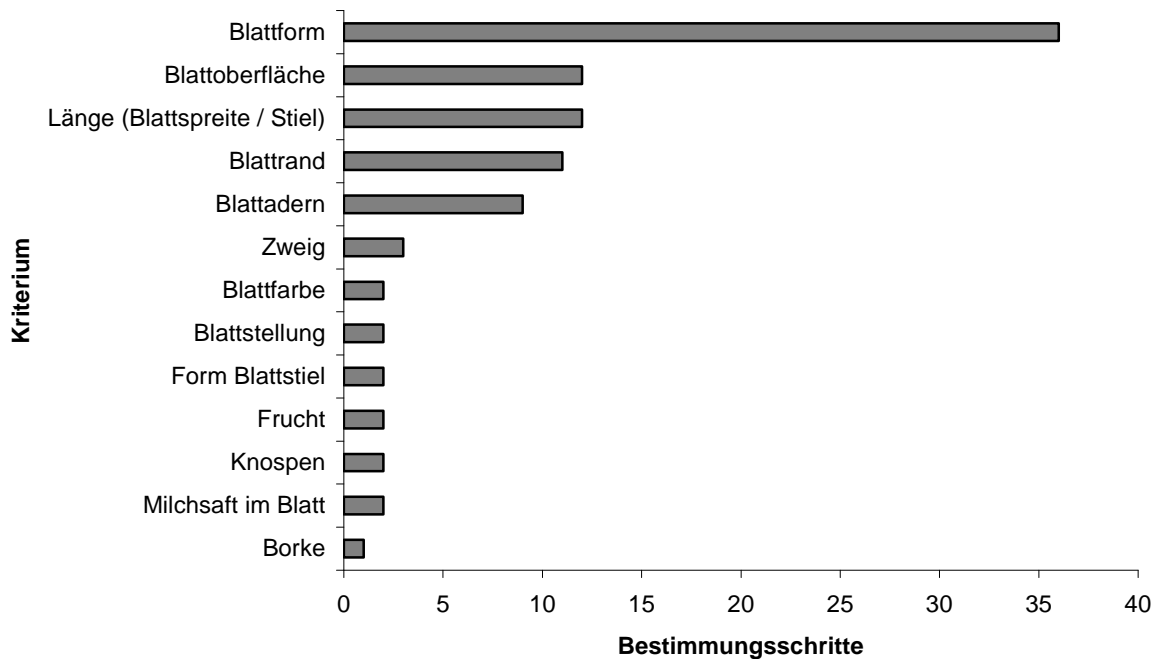


Abbildung 7: Verteilung der Bestimmungskriterien im Bestimmungsweg (Bei N=96 Bestimmungsschritten)

2.3.3 Gewählte Form der Bestimmungshilfe

Die Wahl fiel unter anderem aus wissenschaftspropädeutischen Aspekten (siehe Kapitel 1.4) auf die dichotome Form. Die Navigation ist einfach, der Bestimmungsweg führt sicher zum Ziel und lässt sich bei Anwendung am Computer auch leicht wieder zurückverfolgen. Die Darstellung jeweils nur eines Bestimmungsschrittes pro Seite ermöglicht eine für die Altersstufe angemessene kognitive Belastung.

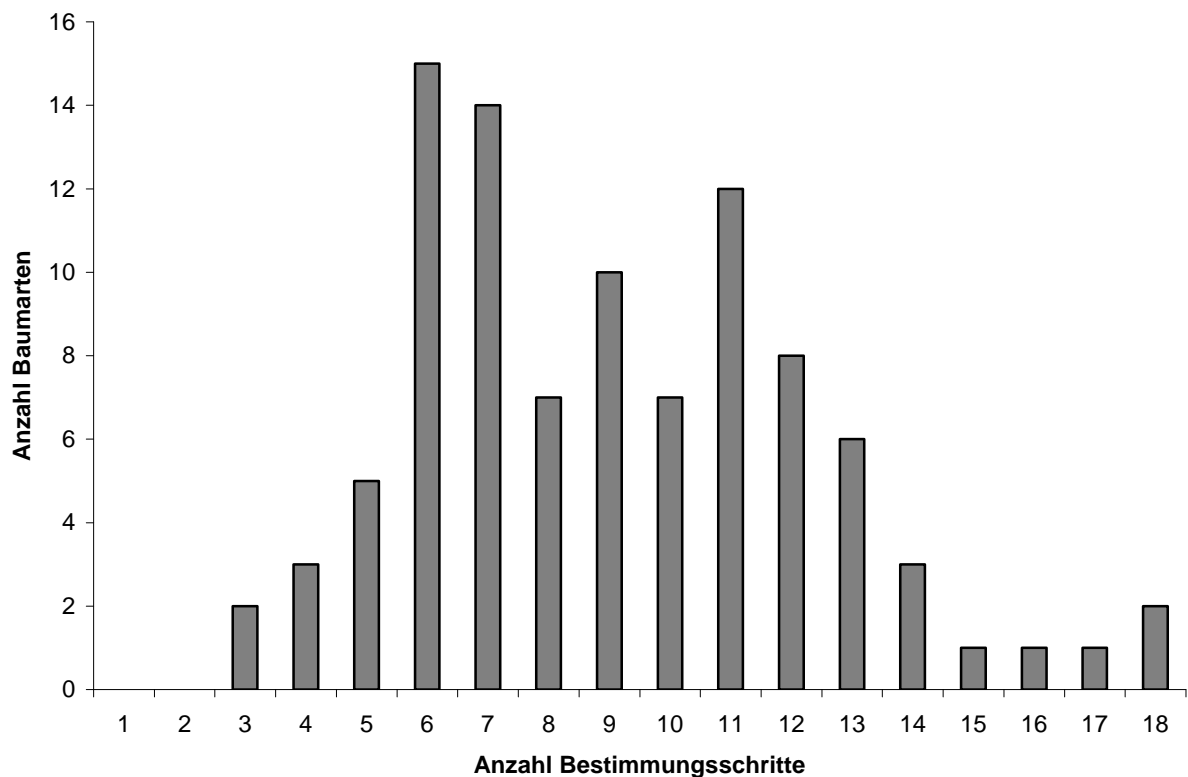
Hierarchisierung der Kriterien, Strukturierung des Bestimmungswegs

Die Kriterien wurden in eine Hierarchie gebracht und die Baumarten entsprechend dieser Hierarchie gruppiert. Ziel war es, möglichst viele Fächer- und wenig Kammstrukturen in den oberen Ebenen des Bestimmungswegs zu erreichen (Kapitel 2.1.1.1). Insgesamt wurden für den Schlüssel 96 Bestimmungsschritte (Gabelungen) gewählt. Die Zahl der Bestimmungsschritte übersteigt die der Baumbeschreibungen, da zwölf Baumarten über zwei unterschiedliche Bestimmungswege erreicht werden können (Tabelle 13).

Tabelle 13: Doppelt aufgeführte Baumarten

Baumart	Grund für das doppelte Erscheinen
Hainbuche	Das untere Blattende kann keilförmig oder herzförmig ausgeprägt sein.
Winter-, Sommer- und Silberlinde	Manche Seitenadern verlaufen gerade bis zum Blattrand, andere biegen vorher um.
Silberpappel, Mehlbeere, Baumhasel, Haselnuss, Maulbeere	Das Blatt kann gelappt oder ungelappt sein.
Stechpalme, Mispel, Salweide	Der Blattrand kann glatt oder gezähnt sein.

Im fertigen Bestimmungsschlüssel umfassen die einzelnen Bestimmungswege zu jeder Baumart mindestens drei, höchstens aber 18 Bestimmungsschritte (Verteilung siehe Abbildung 8). In den ersten beiden Ebenen werden die Baumarten in große Gruppen unterteilt, der Schlüssel hat eine Fächerstruktur, die zum Teil in Kämmen mündet (Abbildung 9).

**Abbildung 8: Verteilung der Anzahl der Bestimmungsschritte pro Baumart**

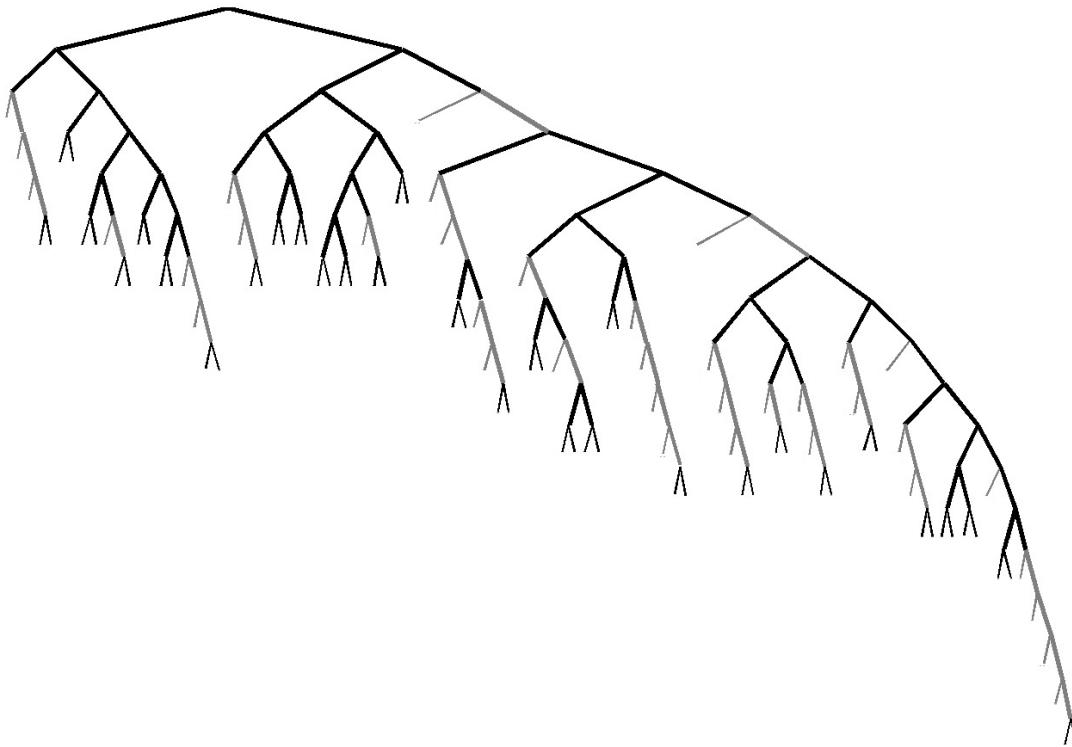


Abbildung 9: Struktur des Bestimmungsbaums von ‚Eikes Baumschule‘. Fächerstrukturen sind schwarz, Kammstrukturen hellgrau dargestellt.

Navigation

Der Bestimmungsweg wurde klar strukturiert, um die Gefahr der Desorientierung zu vermindern. Entsprechend sind in jedem Bestimmungsschritt auf dem Bildschirm links Text und Abbildung von Merkmalsausprägung 1, rechts Text und Abbildung von Merkmalsausprägung 2 zu sehen (Abbildung 10). Sowohl die Abbildungen als auch die Texte wurden durch Verweise mit dem folgenden Bestimmungsschritt verknüpft und dadurch das Vorwärtsbewegen innerhalb des Schlüssels vereinfacht.

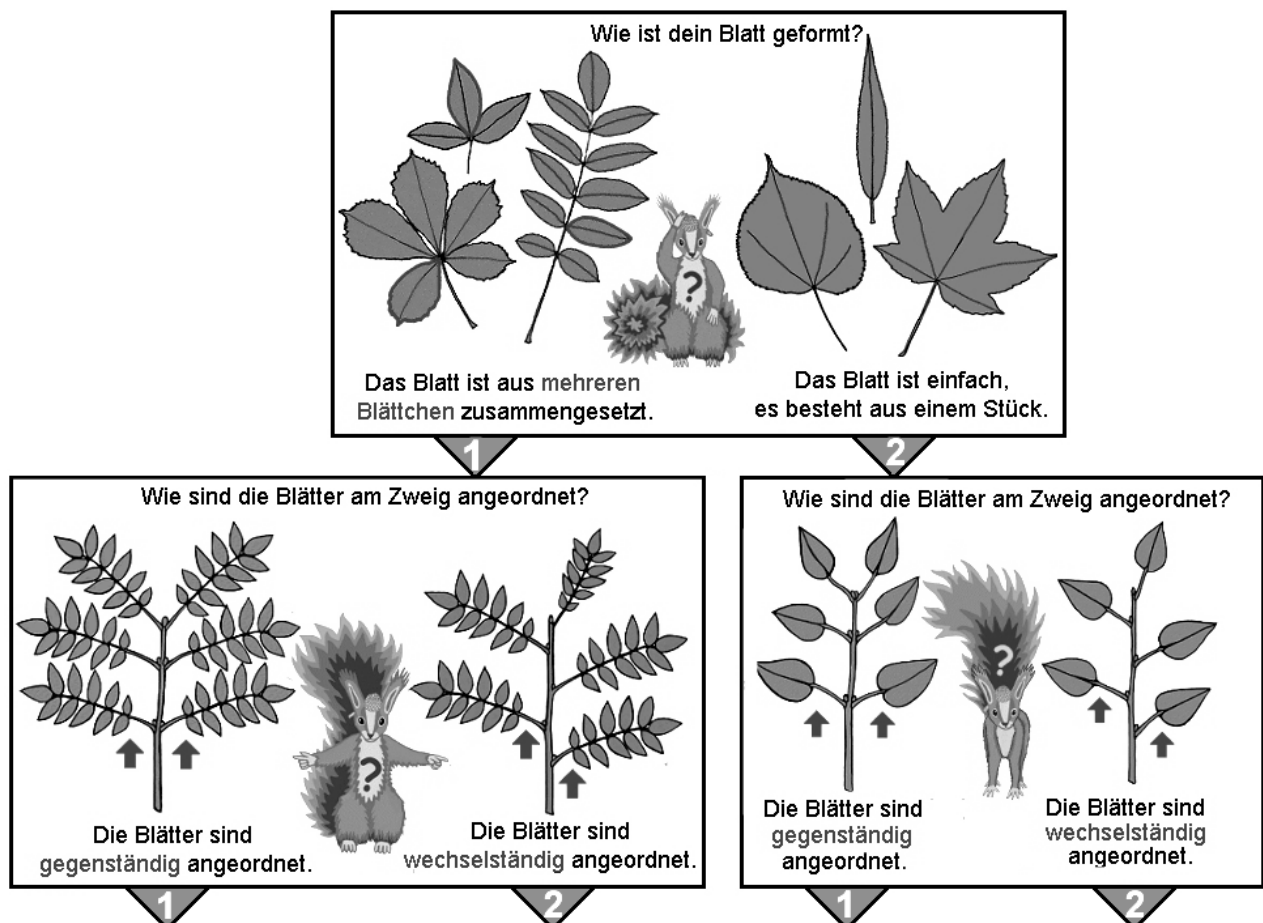


Abbildung 10: Dichotome Struktur des Bestimmungswegs (eigene Darstellung, nach „Eikes Baumschule“, Feketitsch 2005)

Um den Bestimmungsweg wieder zurückverfolgen zu können, wurde die 'Zurück'-Funktion des Browsers als Schaltfläche mit einem nach links gerichteten Pfeil in jeden Bestimmungsschritt integriert. Eine Schaltfläche mit der Beschriftung „Start“ wurde mit einem Verweis auf die erste Seite des Schlüssels versehen, um jederzeit einen Neustart der Bestimmung zu ermöglichen. Am Ende jedes Bestimmungswegs wurde eine Ergebnis-Seite mit dem Namen sowie einer Laubblatt-Abbildung der Ergebnis-Baumart gestaltet. Der Text regt zum Vergleich zwischen Originalobjekt und Abbildung an und weist für den Fall fehlender Übereinstimmung auf die Optionen Neustart oder Rückverfolgung des Bestimmungswegs hin. Zur weiteren Überprüfung des Bestimmungsergebnisses wurde die Ergebnis-Seite mit der Baumbeschreibung verknüpft.

2.3.4 Kindgerechte Gestaltung

Das Layout orientierte sich an der *Kindgerechten Bestimmungshilfe für Laubbäume* (Baum & Lehnert 1999), die sich bewährt und viele positive Bewertungen erhalten hatte, da sie einfach zu verstehen und leicht zu bedienen ist.

Texte

Die Texte wurden überwiegend als ganze, einfach gebaute Hauptsätze formuliert, Nebensätze nur selten verwendet. Maßeinheiten wie Meter und Zentimeter wurden als ganze Wörter ausgeschrieben, auf Abkürzungen wurde verzichtet. Eine detaillierte Beschreibung von Pflanzen, auch wenn sie für Kinder geschrieben wurde, kommt nicht ohne einen gewissen Grundbestand an Fachbegriffen aus. Im Falle der Laubbaummorphologie war es möglich, durchweg auf deutsche Fachbegriffe zurückzugreifen, die sich durch eine Nähe zur Alltagssprache auszeichnen.

Abbildungen

Verwendete Materialien:

- Frische Laubblätter
- Geräte: Flachbettscanner HP Scanjet 4100C, Grafiktablett WACOM Graphire
- Digitale Kameras: Ixus v2, Ixus IIs, Sony DSC W12, Nikon D70
- Grafikprogramme: The GIMP II, Paint Shop Pro 4.14

Zur Illustration des Bestimmungsschlüssels wurden zunächst für die jeweilige Art typische Laubblätter mit dem Flachbettscanner digitalisiert und danach mit Hilfe des Grafiktablets eine Strichzeichnung von Umriss und Mittelrippe erstellt. Alle Blattflächen erhielten eine einheitliche grüne Farbe, es sei denn, die abweichende Blattfarbe stellte ein wichtiges Kriterium dar. Sofern es für das Kriterium relevant war, wurden Seitenadern eingezeichnet. Wichtige Details wurden mit roten, blauen oder hellgrünen Linien und Pfeilen hervorgehoben. Bei allgemeiner gehaltenen Bestimmungsschritten basierten die Zeichnungen nicht auf Laubblattscans, sondern auf Freihandzeichnungen.

Grundsätzlich wurde auf ein einheitliches Erscheinungsbild und auf die Vergleichbarkeit beider Abbildungen eines Bestimmungsschrittes geachtet.

Instruktor

Als Instruktor wurde die Figur eines Eichhörnchens gewählt, da dieses Tier den meisten Kindern vertraut ist und stark mit den Themen Wald, Bäumen und Jahreszeiten assoziiert wird. Außerdem verbirgt sich in seinem Namen die Eiche, eine der wichtigsten Laubbaumarten in Wald, Wirtschaft (Schütt et al. 2006) und Mythologie (Laudert 2004). Als Tier, das oft aufrecht sitzt und seine Vorderpfoten wie Hände benutzt, kann es leicht als Identifikationsfigur dienen. Mit den großen Augen bedient es außerdem das Kindchenschema und wirkt 'niedlich'. Der Name 'Eike' ist sowohl Männer- als auch Frauenname und daher nicht auf ein Geschlecht festgelegt, was eine Identifikation mit der Figur gleichermaßen für Mädchen als auch Jungen möglich macht.

Die Figur des Eichhörnchens *Eike* entstand auf Grundlage eigener Skizzen mit Hilfe des Grafiktablets am Computer. Im fertigen Bestimmungsschlüssel kommen vier verschiedene Abbildungen von Eike vor. Drei erscheinen in den Bestimmungsschritten per Zufallsgenerator, um den Bestimmungsweg abwechslungsreich zu gestalten. Die vierte Abbildung erscheint auf der Ergebnis-Seite.

Abbildungen in den Baumbeschreibungen

Die Aufnahme der Fotografien erfolgte über die gesamte Vegetationsperiode hinweg, um möglichst von jedem Baum alle jahreszeitlichen Aspekte wie Blüten, Früchte, Laub und Winterknospen zu erfassen. Die Fotografien wurden zum Teil im Grafikprogramm Paint Shop Pro nachbearbeitet. Flache Objekte wie Laubblätter, Blüten und manche Früchte wurden mit einem Flachbettscanner digitalisiert. Insgesamt wurden 847 verschiedene Fotografien (bzw. in Einzelfällen Zeichnungen) angefertigt. Piktogramme und Illustrationen wurden mit Hilfe des Grafiktablets ebenfalls im Grafikprogramm Paint Shop Pro gezeichnet.

2.3.5 Strukturierte Artbeschreibungen

Strukturierte Artbeschreibungen sollten der Kontrolle der Bestimmungsergebnisse und der mehrperspektivischen Beschäftigung mit Formenvielfalt dienen.

Auswahl der Informationen

Für die Zusammenstellung der genannten Informationen wurden Baumbeschreibungen in unterschiedlichen Gehölzfloren verglichen, an Originalbäumen überprüft, nach Relevanz selektiert und durch Hintergrundinformationen ergänzt (Laudert 2004; Schütt et al. 2006).

Strukturierung

Die Baumbeschreibungen wurden in zehn Unterthemen gegliedert. Diese Strukturierung folgte dem Ziel, die Inhalte so zu präsentieren, dass die Menge der Information den individuellen Bedürfnissen und Interessen der Lerner entsprechend gewählt werden kann.

In der fertigen HTML-Version lassen sich die Baumbeschreibungen auf der Ergebnis-Seite als neues Fenster öffnen. Dieses Fenster hat ein Format von 750x550px und füllt damit auch bei einer Bildschirmauflösung von 800x600px den Bildschirm nicht ganz aus, damit man leichter wieder in den Bestimmungsweg wechseln kann. Am oberen Rand der Baumbeschreibung befindet sich eine Navigationsleiste mit zehn Piktogrammen. Es handelt sich um Schaltflächen, mit denen zehn thematisch geordnete Seiten aufgerufen werden können:

1. Seite: Steckbrief

Piktogramm Ein gewellter, mit Text und einer Abbildung versehener Bogen Papier stellt ein Dokument dar.

Intention Einen ersten Eindruck von der Baumart vermitteln

Inhalte Dreispaltige Darstellung von Wuchsform des Baums, Morphologie des Blattes und eines weiteren besonders charakteristischen Merkmals mit je einer Fotografie und einem kurzen Text

2. Seite: Laubblatt

Piktogramm Ein einfaches, ganzrandiges Blatt stellt den Grundtyp des Laubblattes dar.

Intention Ausführliche Beschreibung und Darstellung der Laubblätter

Inhalte Blattmorphologie, aber auch Besonderheiten wie auffällige Herbstfärbungen oder Fraßspuren von Schädlingen

3. Seite: Wuchsform

Piktogramm Ein typischer Baum, wie ihn Kinder zeichnen würden - mit braunem Stamm und grüner Krone, symbolisiert die Baumgestalt.

Intention Darstellung der typischen Wuchsform

Inhalte Form von Krone und Stamm, typische Ausprägungen wie z.B. hängende Zweige

4. Seite: Sprossachse

Piktogramm Ein Zweig ist stellvertretend dargestellt für den Spross.

Intention Darstellung verschiedener Aspekte der Zweige und des Stamms

Inhalte Borke, Winterknospen, Dornen, Lenticellen, Blattnarben

5. Seite: Frucht

Piktogramm Hier wurde ein Apfel gewählt, da er allen Kindern als Baumfrucht bekannt sein dürfte und leicht darzustellen ist.

Intention Darstellung und Beschreibung der Früchte

Inhalte Morphologie, Reifezeit und Essbarkeit oder Giftigkeit der Früchte

6. Seite: Blüte

Piktogramm Passend zum Apfel ist eine typische Blüte der Rosengewächse dargestellt. Diese ist leicht als Blüte erkennbar und repräsentiert die artenreichste Familie im Bestimmungsschlüssel.

Intention Darstellung und Beschreibung der Blüten

Inhalte Blütenmorphologie und -Biologie, Blütezeit und Bestäubungsform

7. Seite: Herkunft / Standort

Piktogramm Eine Landschaft mit Berg, Fluss und Bäumen steht für den Lebensraum des Baumes.

Intention Beschreibung des Lebensraums und der Herkunft des Baumes

Inhalte Typischer Wuchsort, Rolle als Straßen- oder Parkbaum; bei standortfremden Bäumen ihre ursprüngliche Herkunft

8. Seite: Nutzung

Piktogramm Der Stuhl symbolisiert als leicht erkennbares Möbelstück die bekannteste Nutzung von Bäumen als Bau- und Möbelholz.

Intention Beschreibung der Nutzungsmöglichkeiten der Baumart

Inhalte Wirtschaftliche Bedeutung des Baums, z.B. als Straßen- oder Zierbaum, als Nahrungs-, Arzneimittel- oder Baustofflieferant

9. Seite: Baumname / Wissenswertes

Piktogramm Die Glühbirne ist ein beliebtes Symbol dafür, dass jemandem ein 'Licht aufgeht'.

Intention Verknüpfung des Namens der Baumart mit Hintergrundwissen; Verankerung im Gedächtnis

Inhalte Erklärung der Bedeutung des Baumnamens; interessante Informationen über den Baum, die in keine andere Kategorie passen

10. Seite: Vielfalt und Ähnlichkeit

Piktogramm Zwei Blüten in unterschiedlicher Farbe sowie zwei Blätter in unterschiedlicher Form und Farbe symbolisieren Formenvielfalt.

Intention Darstellung von Ähnlichkeit unterschiedlicher Arten und Unterschieden zwischen ähnlichen Arten oder Varianten

Inhalte Steht eine Baumbeschreibung stellvertretend für mehrere Arten, so werden hier die Unterschiede beschrieben. Außerdem: Beschreibung unterschiedlicher Ausprägungen einer Art und Verwechslungsmöglichkeit zwischen ähnlichen Arten

Der Baumname

Im fertigen Schlüssel befindet sich in der Mitte der Navigationsleiste ein Schild mit dem Baumnamen. Der Name sollte in jeder Ansicht der Baumbeschreibung präsent sein und helfen, ihn sich einzuprägen. Als Schriftart wurde „*Comic Sans*“ gewählt, da sie in der Grafik am besten zur Geltung kommt. Darüber hinaus wurde sie von Lehrkräften der Primarstufe vorgeschlagen, da die Darstellungsweise des Buchstaben 'a' der im Unterricht vermittelten entspricht.

Viele Arten haben mehrere deutsche Namen, die zum Teil regional unterschiedlich gebraucht werden. Bei der Wahl des Namens wurde darauf geachtet, dass möglichst ein Merkmalsbezug vorhanden ist (Kapitel 1.2). Der Baumname wurde mit einer JavaScript-Funktion verknüpft, die auf Mausklick das Fenster der Baumbeschreibung schließt.

2.3.6 Praktikabilität durch hohe Flexibilität

Wie bereits in den vorhergehenden Abschnitten dargestellt, lassen sich mit Hilfe des Computers Navigation, Selektion der Inhalte und kognitive Belastung optimieren. Darüber hinaus können verschiedene Computerfunktionen die Flexibilität der Bestimmungshilfe erhöhen.

Um eine automatische Anpassung des Bestimmungswegs an eine geringere Artenauswahl zu ermöglichen, wurden die gesamten Inhalte des Bestimmungsschlüssels in einer SQL³-Datenbank gespeichert. Im fertigen Bausatz werden sie nach Bedarf mit Hilfe eines Algorithmus zusammengestellt und über PHP⁴-Funktionen in die HTML-Seiten eingebaut. Die technische Umsetzung erfolgte in Zusammenarbeit mit einem Informatiker.

Für die Benutzenden besteht der Bausatz zunächst aus einer Artenliste mit Auswahlkästchen vor den Artnamen. Hier können diejenigen Baumarten markiert werden, die in dem individuellen Bestimmungsschlüssel enthalten sein sollen. Nach Speichern der Auswahl unter Angabe eines Profilnamens werden die notwendigen Informationen für den individuellen Teilschlüssel zusammengestellt und in der Datenbank gespeichert. Für diesen Teilschlüssel gibt es nun mehrere Optionen:

- Online-Anwendung: der Bestimmungsschlüssel lässt sich direkt starten
- Html-Download: Die Dateien lassen sich als komprimiertes Verzeichnis herunterladen und

³ SQL (“Structured Query Language”) ist eine Datenbanksprache.

⁴ Mit der Skriptsprache PHP („Hypertext Preprocessor“) lassen sich dynamisch generierte Inhalte erzeugen, was in HTML selbst nicht möglich ist (Münz 2007).

offline verwenden.

- PDF-Download: Bei der Ausgabe des Bestimmungsschlüssels als PDF-Dokumente werden die Hyperlinks zwischen den Bestimmungsschritten durch Seitenzahlen ersetzt. Die Dateien können in DIN A4-Format ausgedruckt, halbiert und im DIN A5-Format geheftet werden.

2.3.7 Verfügbarkeit für eine große Gruppe an Interessierten

Um das Unterrichtsmaterial möglichst vielen interessierten Personen zugänglich zu machen, wurde es für die kostenlose Nutzung im Internet bereitgestellt. Ein Portal informiert über die Nutzungsmöglichkeiten und verlinkt auf den gesamten Bestimmungsschlüssel, auf eine Liste der Baumarten mit direktem Zugriff auf die Baumbeschreibungen sowie auf den Bestimmungsschlüsselbausatz.

Zeitgleich mit der Veröffentlichung im Internet startete eine Informationskampagne mit verschiedenen Publikationen und Informationsveranstaltungen.

- Ab 2004 wurde der Bestimmungsschlüssel auf Fachtagungen zur Didaktik des Biologie- und Sachunterricht vorgestellt.
- Im Oktober 2004 nahm das Projekt am Wettbewerb "Multimedia Transfer" des Rechenzentrums der Universität Karlsruhe teil. Der Einzug in das Finale wurde mit einem von 20 Präsentationsständen auf der Messe 'Learntec' im Februar 2005 honoriert. Die Präsentation auf der Messe führte zum Kontakt zu Fachpublikum und verschiedenen Informationsmedien.
- In den Zeitschriften *Grundschule Sachunterricht*, *Unterricht Biologie* und *Focus Schule*, den Online-Informationsdiensten *Lehreronline*, *Ginkgoweb*, *Deutscher* und *Österreichischer Bildungsserver*, *Zentrale für Unterrichtsmedien (ZUM)* sowie Newslettern verschiedener pädagogischer Einrichtungen erschienen Artikel oder kurze Besprechungen.
- In Rahmen von Lehrerfortbildungen an der PH Karlsruhe 2005 und 2006 wurde das Unterrichtsmaterial Lehrenden der Fächer Sachunterricht und Biologie bzw. der entsprechenden Fächerverbünde vorgestellt.

2.4 Diskussion

Der resultierende Schlüssel vereint die in Kapitel 2.1.1.3 genannten Vorteile kindgerechter Bestimmungshilfen. Die dichotome Struktur ermöglicht die Bestimmung von Arten oder Gattungen, ohne lange Beschreibungen miteinander vergleichen zu müssen. Anders als bei

synoptischen Bestimmungsschlüsseln (z.B. Götz 2000; Lauber & Wagner 2005), bei denen je nach Auswahl der Kriterien mehrere oder gar keine Arten als Ergebnis angeboten werden können, endet der Weg des dichotomen Schlüssels immer genau bei einer Baumart/Gattung.

Anders als herkömmliche Schlüssel mit dichotomem Bestimmungsweg (Fitschen 2002; Schmeil et al. 2006) ist dieser Bestimmungsschlüssel mit einfachen Texten und auf wesentliche Details reduzierten Illustrationen für Grundschul Kinder gestaltet worden. Die Beschreibungen der Baumarten sind ausführlicher als in den meisten anderen Bestimmungshilfen für Kinder und enthalten mehrperspektivische Informationen (Köhnlein 1999). Die in mehrere Seiten segmentierten (vgl. Niegemann et al. 2008) und über eine Menüleiste anwählbaren Inhalte sind dennoch übersichtlich dargeboten und lassen sich nach Interesse oder Aufgabenstellung gezielt anwählen. Dabei stand eine hohe Anschaulichkeit durch viele Fotografien im Vordergrund, die vor allem für Anwenderinnen und Anwender mit wenig Vorwissen vorteilhaft ist (Schnotz 2005). Die Umsetzung in HTML ermöglicht die Darstellung von jeweils nur einem Unterscheidungskriterium mit Bild und Text und die Verknüpfung mit dem jeweiligen Folgeschritt, was den Bestimmungsweg auch für Anfänger verständlich und leicht bedienbar macht (vgl. Walter & Winterton 2007). Der einfache Seitenaufbau in HTML ermöglicht die Betrachtung und Bedienung bei unterschiedlichen Auflösungen und auch im kleinen Format der Smartphones. Durch Umwandlung der HTML-Seiten in PDF-Dateien mit Seitenzahlen lassen sich Bestimmungshefte ausdrucken. Mit Smartphone und als Bestimmungsheft lässt sich die Bestimmungshilfe sehr gut im Freien einsetzen. Das Bestimmungsheft wird durch Laminieren der Seiten dauerhaft und ist handlicher als viele andere Materialien, vor allem, wenn die Baumartenauswahl an ein Gelände angepasst wurde. Diese Anpassung ermöglicht der Bestimmungsschlüssel-Bausatz, der den größten Vorteil gegenüber herkömmlichen Bestimmungshilfen darstellt. Werden zunächst alle Baumarten auf dem Gelände, auf welchem Bestimmungssübungen stattfinden sollen, ermittelt und ausgewählt, erhält man automatisch einen Bestimmungsschlüssel, mit dem man alle Baumarten auf dem Gelände bestimmen kann und der dennoch durch kurze Bestimmungswege und wenige Baumbeschreibungen leicht handhabbar und handlich ist. Diese Vorteile ließen sich zuvor nur durch aufwändiges Selbstgestalten eines individuellen Bestimmungsschlüssels vereinen (Flämig & Vogt 1998). Es bleibt zu hoffen, dass Lehrkräfte die Mühe nicht scheuen, einen entsprechenden Schlüssel für ihre Schülerinnen und Schüler und das Schulgelände zusammenzustellen.

Wenngleich die Nutzung des Computers oft als Grund für Naturferne angesehen wird (Pfligersdorffer 2006), fördert ein multimedialer Bestimmungsschlüssel die originale Begegnung mit der Natur, da der Vorgang des Bestimmens an den Vergleich mit Naturobjekten gebunden ist

und idealerweise in der Natur durchgeführt wird. Die häufigen Aufenthalte in der Natur sowie das aktive Kennenlernen, Beobachten und Erforschen von Arten und ihrer Vielfalt in der Schule können dazu beitragen, dass Artenreichtum besser erkannt und das Bewusstsein für die Bedeutung und den Rückgang biologischer Vielfalt gefördert wird (Lindemann-Matthies 2010). Darüber hinaus kann durch die wiederholte Anwendung des kriteriengeleiteten Vergleichens beim Bestimmen (vgl. Hammann 2002; siehe Kapitel 5) der Blick für Unterschiede zwischen Arten und damit für Artenvielfalt geschult werden.

Ob die genannten Vorteile sich in der Unterrichtspraxis bewähren, sollte die Evaluation der Bestimmungshilfe auf Grundlage von Praxistests und Befragungen derjenigen, die das Material in Bestimmungsübungen eingesetzt haben, zeigen (Kapitel 3).

3 Teil II: Evaluation der Bestimmungshilfe

Die Evaluation hat zum Ziel, die Bestimmungshilfe im Bezug auf ihre Qualität und Funktionalität, ihre Wirkung und ihren Nutzen zu untersuchen. Als summative Evaluation hat sie einen Schwerpunkt auf der Bewährung der Bestimmungshilfe in ihrer praktischen Anwendung (Niegemann et al. 2008, 395).

3.1 Charakterisierung der Bestimmungshilfe im Hinblick auf ihre Evaluation

Eikes Baumschule bietet die Möglichkeit der Anwendung am Computer und lässt sich damit als multimediale Lernsoftware auffassen. Multimediale digitale Lernumgebungen werden meist als Materialien zum selbstregulierten Lernen verstanden, die folgende neun Lehrschrte beinhalten (Gagné et al. 1988):

1. Aufmerksamkeit gewinnen
2. Informieren über Lehrziele
3. Vorwissen aktivieren
4. Darstellen des Lehrstoffs
5. Lernen anleiten
6. Ausführen/Anwenden lassen
7. Informative Rückmeldung geben
8. Leistung kontrollieren und beurteilen
9. Behalten und Transfer sichern

Im Prinzip kann jeder der oben dargestellten neun Lehrschrte evaluiert werden. Bei einem Bestimmungsschlüssel handelt es sich allerdings nicht um ein komplettes Lernangebot zum selbstregulierten Lernen, sondern um ein Hilfsmittel, das auf der Begegnung mit der Natur basiert und in eine geeignete Unterrichtseinheit eingebunden werden muss. Es werden nur Lehrschrte 6 und 7 durch die Anwendung des Bestimmungswegs und die Präsentation einer Baumbeschreibung als Ergebniskontrolle und weiterführende Information abgedeckt. Alle anderen Schritte müssen durch die Lehrperson geleistet werden oder, bei entsprechenden Vorkenntnissen und einer starken intrinsischen Motivation, durch die Anwenderinnen und

Anwender selbst. Eine digitale Bestimmungshilfe entspricht deshalb nicht den gängigen Kriterien einer Lernsoftware, so dass auch typische Modelle zu deren Evaluation nur bedingt greifen. Die Evaluation von "Eikes Baumschule" auf Grundlage einer Nutzungsanalyse und eines Praxistests mit Schulklassen (Kapitel 3.4) befasste sich in erster Linie mit der Usability, d.h. der Überprüfung, wie adäquat ein Produkt in der Handhabung zu den Bedürfnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Wünschen seiner Nutzerinnen oder Nutzer passt (Niegemann et al 2008). Die Evaluation erfolgte als Produktbewertung nach Kriterien zum Prüfen der Usability (in Anlehnung an DIN EN-ISO9241; Niegemann et al. 2008) und umfasste die folgenden sieben Aspekte: Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlerrobustheit, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit.

3.2 Kriterien der Evaluation

Als Kriterien für die Evaluation dienten die Kriterien der Usability-Prüfung (nach DIN EN-ISO9241; Niegemann et al. 2008) mit einem zusätzlichen Fokus auf der Erreichbarkeit der Zielgruppen.

Erreichbarkeit der Zielgruppen

Die Veröffentlichung im Internet und gezielte Informationsangebote sollten zu einer möglichst schnellen und weiten Verbreitung der Bestimmungshilfe führen. Eine Analyse der Nutzung und eine Befragung hinsichtlich der Informationsquellen sollten aufzeigen, auf welchem Weg ein Angebot im Internet die Zielgruppe am effektivsten erreicht.

Aufgabenangemessenheit

In den Bildungsstandards werden die Themen *Wald* und *Kennen lernen von Baumarten* (siehe Kapitel 1.1.3) sowie die Verwendung von Bestimmungshilfen in der Primarstufe und in der Sekundarstufe bis Klasse 6 thematisiert, und verschiedene Autoren fordern eine Auseinandersetzung mit Formenkenntnissen bereits in der Primarstufe (Lehnert 1999; Lindemann-Matthies 2002). Die Gestaltung und der inhaltliche Anspruch der Lernsoftware sind auf diese Altersgruppe ausgerichtet worden. Es war daher eine zentrale Frage der Evaluation, ob die erwartete mit der tatsächlichen Zielgruppe übereinstimmt und ob die Gestaltung und der Anspruch für die Zielgruppe angemessen sind.

Selbstbeschreibungsfähigkeit

In der Bestimmungshilfe werden verschiedene Schaltflächen und Navigationshinweise verwendet, deren Verständnis eine gewisse *Visual Literacy* (Weidenmann 2001) und ein paar

grundlegende Vorkenntnisse erfordern. Auch die Beschreibungen in den Bestimmungsschritten erfordern ein Vorwissen. Die Evaluation ging also der Frage nach, ob die vorhandenen Vorkenntnisse der Zielgruppe für das Verständnis ausreichen oder ob zusätzliche Hilfen benötigt werden. Solche Hilfen können zum Beispiel aus einem Glossar oder Hilfefenstern bestehen.

Steuerbarkeit

Die Möglichkeit, über Hyperlinks auf viele Informationen direkt zuzugreifen und ohne Blättern auf Folgeseiten zu springen, kann die Anwendung der Bestimmungshilfe erleichtern, birgt aber auch die Gefahr, die Orientierung zu verlieren. Befragte Lehrpersonen wurden daher aufgefordert, die Steuerbarkeit zu beurteilen sowie sich zur Wichtigkeit von Hilfsmitteln wie Suchfunktionen oder Indizes zu äußern.

Erwartungskonformität

Die Themengebiete *Wald* und *Kennen lernen von Baumarten* sind in den Bildungsstandards von Baden-Württemberg für die Primarstufe verankert. Die Auseinandersetzung mit Bestimmungshilfen wird dagegen erst in höheren Klassenstufen thematisiert (siehe Kapitel 1.1.3). Die Inhalte der Bestimmungshilfe bauen daher auf grundlegenden Kenntnissen zur Morphologie von Bäumen auf, während Struktur und Gestaltung der Bestimmungshilfe für unerfahrene Anwenderinnen und Anwender konzipiert sind. Die Evaluation sollte zeigen, ob die Bestimmungshilfe in dieser Hinsicht den Erfahrungen und Erwartungen der Schülerinnen und Schüler entspricht.

Fehlerrobustheit

Bei den Einzelfunktionen der Bestimmungshilfe lassen sich zwei Ebenen unterscheiden. Die *Nutzungsebene* betrifft vor allem die Vorbereitungen auf die Bestimmung. Hier können individuelle Bestimmungsschlüssel erstellt und heruntergeladen werden. Diese Funktion ist unter anderem abhängig von der Stabilität des Servers und den Ansprüchen, die an den PC gestellt werden. Probleme könnten zum Beispiel in Form langer Downloadzeiten oder eines fehlgeschlagenen Downloads auftreten.

Die *Anwendungsebene* umfasst den Bestimmungsschlüssel selbst. Fehler beim Bestimmen können von Seiten der Bestimmungshilfe beispielsweise durch ungeeignete bzw. fehlerhafte Formulierungen oder Abbildungen verursacht werden. Das Aufdecken solcher Fehler trägt maßgeblich zur Optimierung der Bestimmungshilfe bei.

Individualisierbarkeit

Die Bestimmungshilfe ist durch die im Bestimmungsschlüssel-Bausatz bereitgestellten Funktionen stark individualisierbar. Durch die Befragung sollte ermittelt werden, wie intensiv und in welcher Weise diese Funktion genutzt wird, ob diese Individualisierbarkeit gut anwendbar und erwünscht ist oder ob sie die Anwenderinnen und Anwender überfordert. Es sollte auch untersucht werden, ob sich die Nutzung in unterschiedlichen Schulstufen unterscheidet und ob Faktoren wie Inhalte von Schulbüchern einen Einfluss auf die Zusammensetzung individueller Bestimmungsschlüssel haben.

Lernförderlichkeit

Ziel der Praxistests (Kapitel 3.4) war es in erster Linie heraus zu finden, wie schnell Kinder sich in die Bestimmungshilfe einarbeiten und wie schnell und sicher sie zum Ziel gelangen. Die Befragung sollte zusätzlich zeigen, wie viel Einarbeitungszeit Schulklassen nach Einschätzung ihrer Lehrkräfte benötigen, bis sie selbständig mit dem Bestimmungsschlüssel arbeiten können. Zudem wurde untersucht, als wie sinnvoll die bereits vorhandenen Hilfsmittel eingeschätzt wurden und ob weiterer Bedarf vorhanden ist.

3.3 Die Analyse der Nutzung von „Eikes Baumschule“

Die Ergebnisse der vorliegenden Evaluation helfen, die Bestimmungshilfe "Eikes Baumschule" (Feketitsch 2005) sowie weitere Bestimmungshilfen, die auf Eikes Baumschule basieren, z.B. "Eikes Nadelbäume" (www.bio-div.de/nbaum/; Risch 2006) und „Floras Pflanzenwelt“ (www.bio-div.de/wiese_fr/; Denzel 2009; Weintraut-Honc 2009; Pfeiffer 2011), zu optimieren. Auch für Neuentwicklungen, für die Erstellung von Konzepten zur Einbindung der Bestimmungshilfe in den Unterricht und zur Gestaltung einer multimedialen Lernumgebung (vgl. Niegemann et al. 2008), die auf der Bestimmungshilfe basiert, können sie herangezogen werden. Und schließlich geben sie Aufschluss darüber, auf welchem Weg sich potentielle Nutzerinnen und Nutzer eines Online-Unterrichtsmaterials am besten erreichen lassen.

3.3.1 Datenquellen

Durch die Veröffentlichung im Internet und durch eine Informationskampagne wurde eine große Zahl an Nutzerinnen und Nutzern erreicht. Für die Evaluation des Unterrichtsmaterials standen vier verschiedene Datenquellen zur Verfügung: Fragebögen, die von den Nutzerinnen und Nutzern (1) vor und (2) nach Verwendung der Bestimmungshilfe mit einer Klasse oder Gruppe ausgefüllt wurden, (3) die Serverstatistik des Zugangsportals und (4) die in der Datenbank gespeicherten, individuell zusammengestellten Bestimmungsschlüssel.

(1) Befragung aller registrierten Personen vor Verwendung der Bestimmungshilfe

Die Zugangsvoraussetzung zum Bestimmungsschlüssel-Bausatzes bestand im Ausfüllen eines Fragebogens (Anhang VI). Dieser Fragebogen erhob Personendaten und Details zu den Einsatzbedingungen der Bestimmungshilfe. Die Auswertung stützte sich weitgehend auf den Stand von September 2006. Zu diesem Zeitpunkt waren 1036 Personen registriert, und Stichproben ergaben, dass diese Probandenzahl repräsentativ war. Im Jahr 2011 lag die Zahl der Anmeldungen bereits bei über 4000. Diese neueren Daten wurden nur noch in Einzelfällen zur Auswertung herangezogen.

(2) Freiwillige Angaben zu den Erfahrungen mit dem Einsatz der Bestimmungshilfe in einer Klasse / Gruppe

Die angemeldeten Personen wurden dazu aufgerufen, nach Verwendung der Bestimmungshilfe mit einer Schulklasse oder Gruppe freiwillig die Bestimmungshilfe zu bewerten und Fragen zum tatsächlich erfolgten Einsatz zu beantworten (Anhang VII). Über den Benutzernamen ließen sich die Daten aus beiden Fragebögen einander zuordnen.

Für die Auswertung standen 78 Datensätze zur Verfügung. Sie ließen sich in drei Gruppen unterteilen, und zwar in Personen, welche die Bestimmungshilfe mit einer Klasse oder Gruppe im Grundschulalter, mit einer Klasse oder Gruppe in der Sekundarstufe und mit einer Erwachsenengruppe verwendeten. Bei den Erwachsenen handelte es sich vor allem um Studierende der Lehrämter.

(3) Serverstatistik

Der Zugang zum Bestimmungsschlüssel und zum Bestimmungsschlüssel-Bausatz erfolgt über ein Webportal (<http://baum.bio-div.de>). Für die Nutzungsanalyse wurde die Serverstatistik vom 1. Januar 2005 bis 31. Oktober 2006 ausgewertet. Sie erfasste, wie viele Besucher pro Monat auf der Website waren, wie oft die Seite aufgerufen wurde und über welche anderen Websites sie dorthin verwiesen wurden.

(4) Bestimmungsschlüssel-Profile

Alle individuell zusammengestellten Bestimmungsschlüssel wurden als sogenannte 'Profile' in der Datenbank gespeichert. Da die Profile gemeinsam mit dem Benutzernamen abgelegt wurden, ließ sich die Baumauswahl mit den Nutzungsdaten korrelieren. Auf diese Weise war ein Vergleich von Daten wie Anzahl und Länge der individuellen Bestimmungsschlüssel sowie Baumartenauswahl bestimmter Benutzergruppen möglich.

3.3.2 Auswertung

Die Auswertung fand in OpenOffice.org 2.4 Calc und MicrosoftExcel statt. Die Datenbanktabellen wurden als CSV-Dateien (comma separated values) exportiert. Bei verschiedenen Fragen wurden Kategorisierungen (Bortz & Döring 2002) vorgenommen, da entweder die Daten in Form von Freitext vorlagen oder Mehrfachnennungen möglich waren.

3.3.3 Ergebnisse

3.3.3.1 Verbreitung und Nachfrage

Die Nachfrage nach dem Bestimmungsschlüssel zeigt sich an der Häufigkeit, mit der das Zugangsportal aufgerufen wird und an der Anzahl der angemeldeten Nutzerinnen und Nutzer. Die Verbreitung lässt sich aus den Angaben zum Bundesland bzw. Staat, aus dem die Anmeldung erfolgt, ablesen. Angaben zur Informationsquelle und die Erhebung der verweisenden Domänen in der Serverstatistik zeigen, über welche Quellen sich ein im Internet bereitgestelltes Unterrichtsmaterial am effektivsten verbreitet. Ein starker Zulauf über Suchmaschinen kann außerdem auf eine hohe Nachfrage hindeuten.

Seitenbesuche und Anmeldungen

Die Zahl der Seitenbesuche zeigte eine starke saisonale Abhängigkeit (Abbildung 11). Im Herbst wurde die Seite am häufigsten besucht. Der Rhythmus war 2005 und 2010 ähnlich, wobei die Besucherzahlen im sechsten Jahr etwa 2,5 bis 4mal so hoch waren.

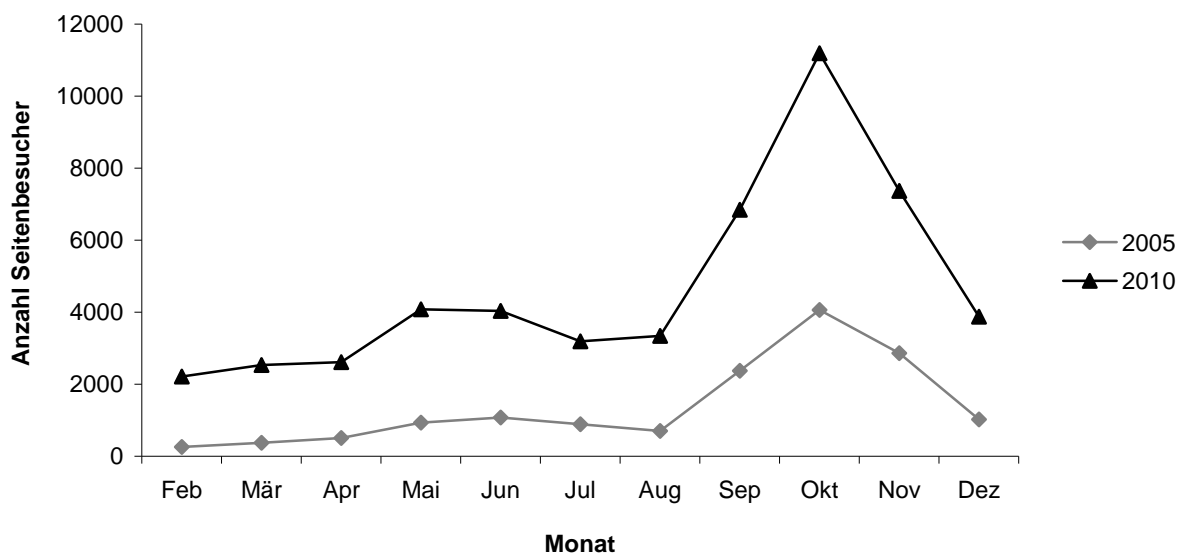


Abbildung 11: Seitenbesucher pro Monat, 2005 und 2010 im Vergleich

Die Bestimmungshilfe wurde zum Januar 2005 frei geschaltet. Da im Winter die Nachfrage noch gering war, kann man von einem effektiven Nutzungsbeginn im April 2005 ausgehen. Drei Jahre später waren über 2100 Personen angemeldet und über den Anmeldefragebogen erfasst.

Wiederum drei Jahre später, im April 2011, waren es etwa 4100 Anmeldungen, also fast doppelt so viele Anmeldungen wie im April 2008. Dies zeigt, dass die Zahl der Neuanmeldungen - im Schnitt etwa 650 pro Jahr - nicht nennenswert abnahm. Die Zahl der Neuanmeldungen pro Monat zeigte eine ähnliche Dynamik wie die der Seitenbesucher, mit Höhepunkten in den Herbstmonaten September und Oktober.

Die meisten Anmeldungen erfolgten durch Nutzerinnen und Nutzer in Deutschland (ca. 92 %), gefolgt von angrenzenden deutschsprachigen Gebieten. Im August 2011 stammten knapp 9 % der Anmeldungen (371 von 4248) aus anderen Staaten, über 80 % davon aus Österreich und der Schweiz (Tabelle 14).

Tabelle 14: Weitere Staaten, aus denen Anmeldungen erfolgten

Staat	Anzahl Personen	Institution
Österreich	167	verschiedene, v.a. Schulen
Schweiz	140	verschiedene, v.a. Schulen
Luxemburg	33	v.a. Schulen; Naturpark
Italien (davon aus Südtirol)	10 (7)	Schulen, u.a. Schweizer Schule
Liechtenstein	5	Schulen
Frankreich	4	Schulen
Polen	2	Schule, Universität
China	2	Deutsche Schulen
Niederlande, Spanien	je 1	privat
Dänemark, Kroatien, Slowenien	je 1	Schulen
Schottland	1	Pädagogische Einrichtung
Mexiko	1	Deutsche Schule
Paraguay	1	Projektdorf

Informationsquellen

Wichtige Informationsquellen kurz nach der Veröffentlichung von Eikes Baumschule waren Online-Portale, Tagungen, Hochschulveranstaltungen und Fortbildungen. Zu den Online-Portalen für Lehrkräfte gehörten *Lehrer-Online*, *ZUM (Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet e.V.)* und die *Bildungsserver*. Im Jahr 2005 lagen die Verweise von Online-Portalen für Lehrkräfte (zusammen 2136 Verweise) weit vor denen von Suchmaschinen (1651 Verweise) (Abbildung 12).

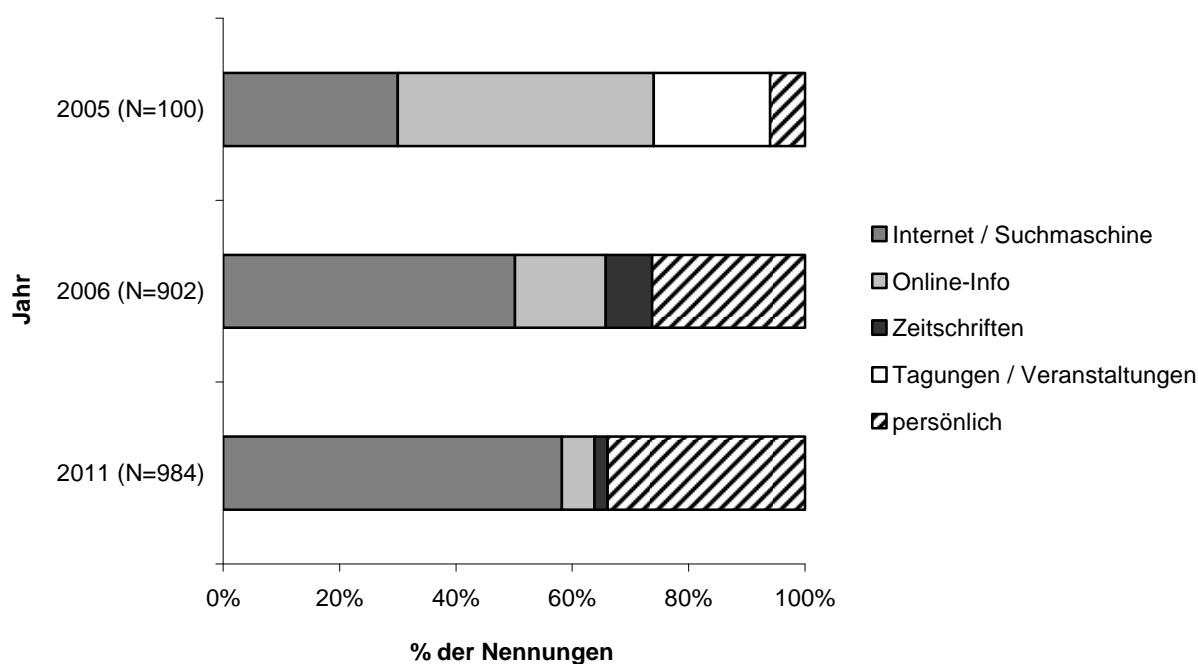


Abbildung 12: Genannte Informationsquellen im Frühjahr 2005 (die ersten 100 Nennungen), September 2006 (902 Nennungen von 1036 Anmeldungen) und 2011 (984 Nennungen der letzten 1050 von 4260 Anmeldungen)

Bereits anderthalb Jahre später, im September 2006, spielte Direktinformation über Online-Medien nur noch eine geringe Rolle. Die Verweise von Suchmaschinen (5914 Verweise) erreichten dafür fast das Dreifache der Verweise von Online-Portalen für Lehrkräfte (2041 Verweise) (Abbildung 13).

2006 erschien eine kurze Besprechung in der Zeitschrift *Focus Schule*, die immerhin 8 % der Nennungen ausmachte. Später kommen noch Erwähnungen in den Zeitschriften *Grundschule Sachunterricht* und *Unterricht Biologie* hinzu.

Im Jahr 2011 gab es keine gezielten Informationsaktivitäten wie Veröffentlichungen oder Fortbildungen mehr. Entsprechend stieg der Anteil der Suchmaschinen weiter, während der

Einfluss von Online- und Printmedien nachließ. Der ebenfalls stark gestiegene Anteil an persönlichen Empfehlungen ging nicht mehr wie am Anfang auf Aktivitäten der PH Karlsruhe zurück, sondern konnte anhand der Angaben in den Fragebögen auf eine Verbreitungskette zwischen den Hochschulen und von den Hochschulen über Schulen in Privathaushalte zurückgeführt werden.

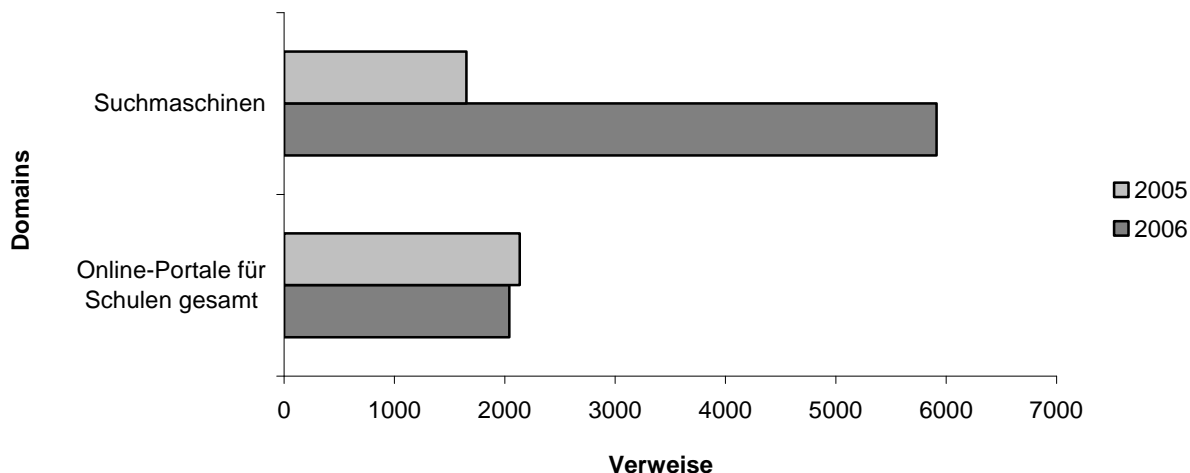


Abbildung 13: Verweisende Domains 2005 und 2006

Bei den beiden Bundesländern mit der höchsten Verbreitungsdichte (Baden-Württemberg mit 20,4 Anmeldungen pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner und Rheinland-Pfalz mit 13,3 Anmeldungen pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner, Abbildung 14) sind auch die größten Unterschiede in der Zusammensetzung der Informationsquellen erkennbar. Die wichtigste Informationsquelle in Baden-Württemberg war die persönliche Empfehlung etwa durch Kolleginnen und Kollegen sowie Fortbildungen (fast 44,6 % aller Nutzerinnen und Nutzer und 65 % der Angaben), wohingegen in Rheinland-Pfalz das Angebot überwiegend über Suchmaschinen gefunden wurde (39 % aller Nutzerinnen und Nutzer und 56,7 % der Angaben). Der große Anteil an persönlichen Empfehlungen erklärt die hohe Dichte an Anmeldungen im Entstehungs-Bundesland der Bestimmungshilfe.

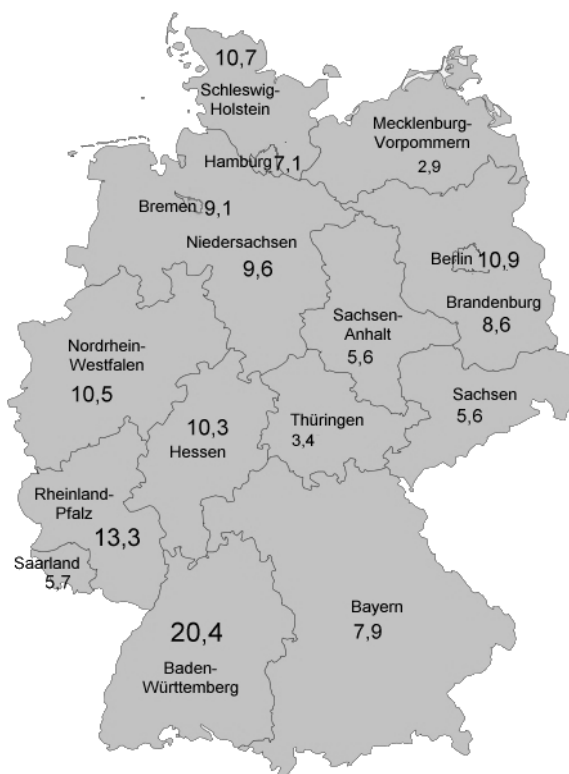


Abbildung 14: Anzahl der Anmeldungen aus deutschen Bundesländern pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner (September 2006), N=916. (Unter Verwendung einer Karte von D. Liuzzo, commons.wikimedia.org)

Funktion der angemeldeten Personen

Im September 2006 waren etwa 60 % der angemeldeten Personen Lehrkräfte (Abbildung 15).

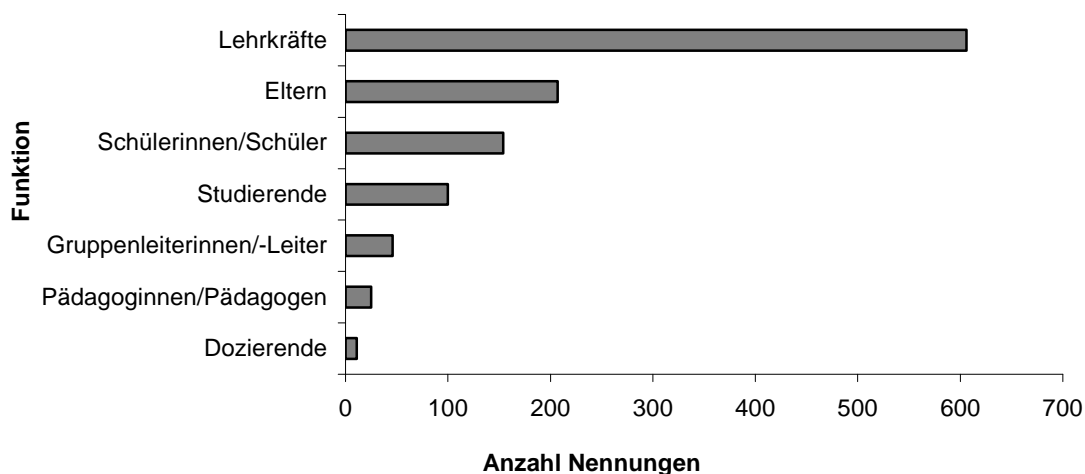


Abbildung 15: Funktion der angemeldeten Personen (Mehrfachnennungen) (N=1036)

Unter den Institutionen waren bei weitem am häufigsten Grundschulen vertreten. Interessant ist, dass auch Kindergärten genannt wurden, also eine Zielgruppe vor dem Lesealter (Abbildung 16).

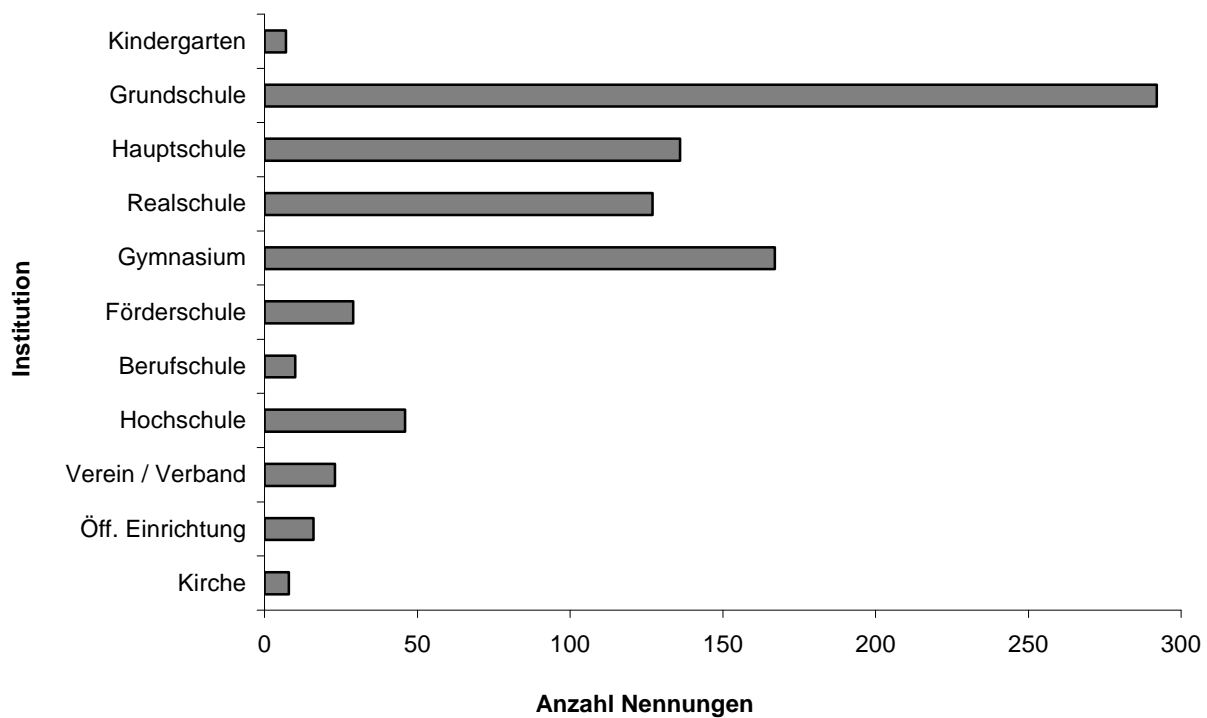


Abbildung 16: Institutionen, an denen im Jahr 2006 angemeldete Personen tätig waren (N=1036)

Zusammensetzung der Zielgruppe

Die meisten Nutzerinnen und Nutzer beabsichtigten, die Bestimmungshilfe in einer Schulklasse zu verwenden (Abbildung 17). Dies bestätigte sich auch bei Befragung nach dem Einsatz der Bestimmungshilfe.

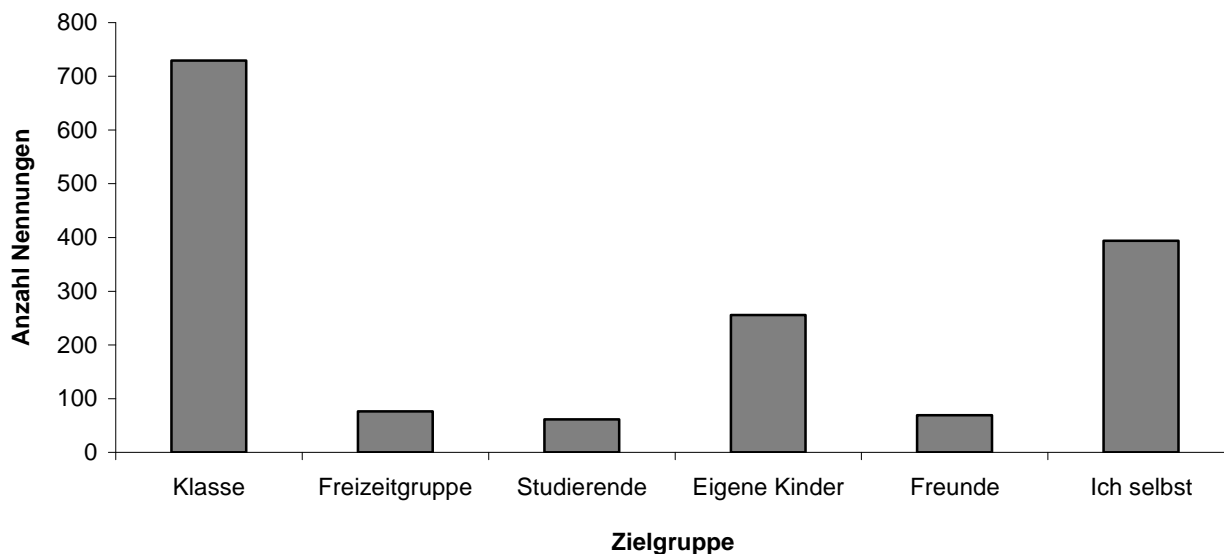


Abbildung 17: Voraussichtliche Zielgruppe (N=1036) (Mehrfachnennungen)

Während in der ersten Befragungsrunde als Zielalter am häufigsten die Primarstufe genannt wurde, wurde in Realitas die Bestimmungshilfe am häufigsten in Klasse 5 und 6 eingesetzt (Abbildung 18, die Daten sind für die Gesamtstichprobe (N=1036) repräsentativ). In höheren Klassenstufen kam die Bestimmungshilfe nur selten zum Einsatz.

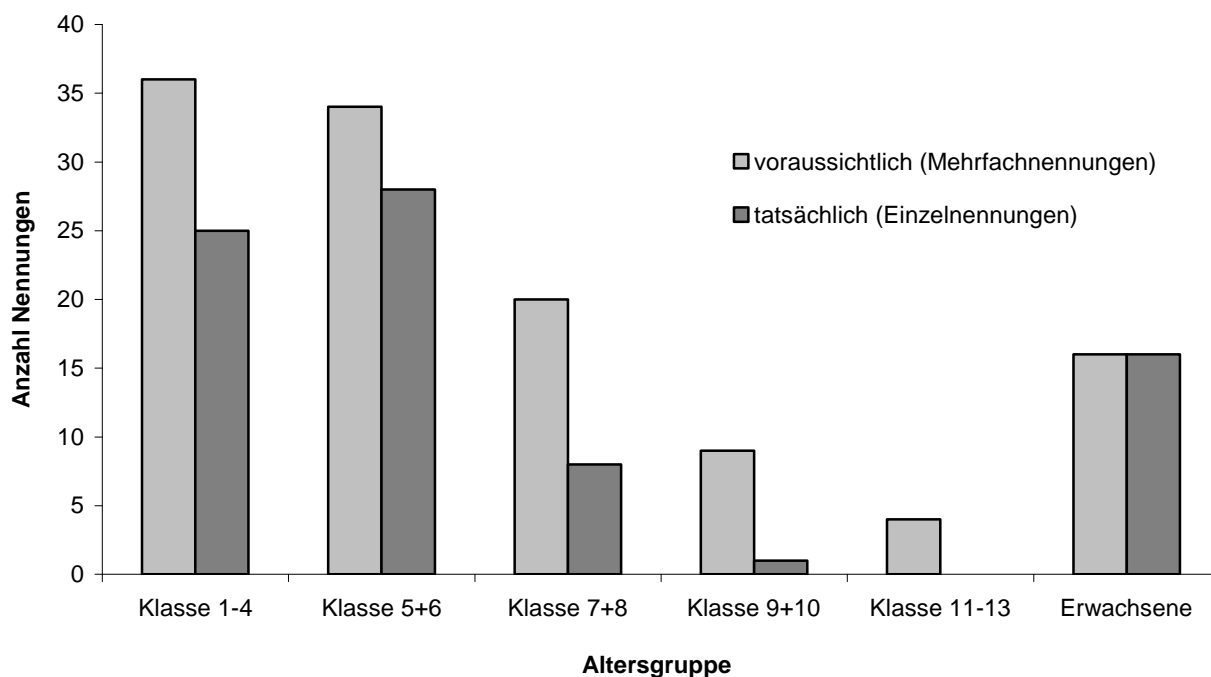


Abbildung 18: Voraussichtliches und tatsächliches Alter der Zielgruppe (N=78)

Größer als erwartet war die Gruppe der erwachsenen Nutzerinnen und Nutzer. Sie setzte sich aus angehenden Lehrkräften sowie Erzieherinnen und Erziehern, Freizeitgruppen, Auszubildenden (z.B. im Gartenbau und an einer Jägerschule), Rehabilitationsgruppen und Personen im Kontext von naturkundlichen Aktionen und Ausstellungen (Bachpatenschaften, Waldlehrpfade, Museen) zusammen. Dabei reicht die Altersspanne von jungen Leuten in der Ausbildung bis zu Personen im Pensionsalter. An der zweiten Befragungsrunde nahmen aus der Gruppe der Erwachsenen vor allem Studierendengruppen teil. Vereinzelt wurden auch Kindergartengruppen und Klassen mit geistig- oder lernbehinderten Kindern oder Jugendlichen als Zielgruppe genannt. Eine Förderschul-Lehrerin schrieb, dass Bestimmungshilfen normalerweise zu komplex oder zu kindlich für ihre Schülerinnen und Schüler seien, dass sie aber mit Eikes Baumschule gut arbeiten könnte.

3.3.3.2 Einsatzbedingungen

Vorerfahrung mit Bestimmungsübungen

69 % der Nutzerinnen und Nutzer gaben an, bereits Bestimmungsübungen in Klassen oder Gruppen durchgeführt zu haben. Dabei wurden Pflanzen (46,5 %) und Bäume im Speziellen (45,9 %) häufiger als Tiere (36,7 %) bestimmt. Bei der Auswahl dieser Kategorien waren Mehrfachnennungen möglich. Dabei zeigte sich, dass am häufigsten alle drei Kategorien vorkamen (28,19 %). Bereits an zweiter Stelle folgten diejenigen, die bisher nur Bäume bestimmen ließen (18,65 %). Dies galt für alle Altersstufen und Schulformen (inklusive Hochschule).

Nur 242 Personen (23 %) machten weitere Angaben zu den von ihnen verwendeten Bestimmungshilfen. Die Bildbände lagen mit 145 Nennungen klar vor dichotomen Bestimmungsschlüsseln (32 Nennungen). Immerhin 29mal wurden selbst erstellte Bestimmungsmaterialien verwendet. Digitale Bestimmungshilfen wurden ganze 20mal genannt.

In jeder Kategorie gab es ein Werk, das besonders häufig zum Einsatz kam. In der Kategorie der Bildbände handelte es sich um „Was blüht denn da?“ (Aichele, Auflage nicht genannt). Diese Bestimmungshilfe wurde zu 38 % angegeben. Unter den dichotomen Bestimmungsschlüsseln wurde der „Schmeil-Fitschen, Flora von Deutschland“ (Auflage nicht genannt) zu 56 % und bei den digitalen Bestimmungshilfen „Eine kindgerechte Bestimmungshilfe für Laubbäume“ (Baum & Lehnert 1999) zu 38 % angegeben (Tabelle 15).

Tabelle 15: Bestimmungshilfen, die von einem Teil der Befragten (N=242 von 1036) bei Bestimmungsübungen in Klassen oder Gruppen eingesetzt wurden. Die Titel werden in der Tabelle mit den Angaben aus den Fragebögen zitiert, ohne Jahres-, Auflagen- und ggf. ohne Autorenangabe, und auch nicht im Literaturverzeichnis berücksichtigt.

Kategorie	Nennungen	Anzahl der namentlich genannten Titel	Häufigste genannte Titel
Illustrierte Bestimmungshilfen (Bildbände)	145	37	Was blüht denn da (Aichele): 55 Bäume und Sträucher des Waldes (Amann): 5
Textbasierte Floren / Faunen mit dichotomem Bestimmungsschlüssel	45	8	Schmeil-Fitschen, Flora von Deutschland: 25 Rothmaler, Exkursionsflora: 6 Brohmer, Fauna von Deutschland: 5 Stresemann, Exkursionsfauna: 3 Fitschen, Gehölzflora: 2 Grupe, Naturkundliches Wanderbuch: 2
Digitale Materialien	21	10	Eine kindgerechte Bestimmungshilfe für Laubbäume: 8 www.baumkunde.de: 3 Pollux Lernsoftware (http://www.pollux-lernsoftware.de): 2
Eigene Materialien	29	11	Bestimmungsschlüssel "Bäume des Schulhofs" Bestimmungstafel "Tiere des Baches" Literatur vom Studium auf Schülerniveau reduziert Begehrter Bestimmungsschlüssel
Schulbücher	43	28	Klett Natura: 5 Schrödel Erlebnis Biologie: 2
Lexika	7	1	Knaurs Waldlexikon (sonst nur Angabe ‚Lexika‘)
sonstige	13	13	z.B. Schreiber Naturtafeln

Diese Daten stammen von September 2006 (N=1036). Im August 2011 (N=4248) nannten bereits 32 Personen die *Kindgerechte Bestimmungshilfe für Bäume* (Baum & Lehnert 1999) und 30 die Seite *baumkunde.de* (Gurk & Hepp 2004-2012). 37 gaben an, zuvor schon *Eikes Baumschule* (Feketitsch 2005) verwendet zu haben. Bei der Bestimmung von *Bäumen* und *Pflanzen allgemein* gab es eine sehr unterschiedliche Verteilung der Typen von Bestimmungsmaterialien.

Während bei *Pflanzen allgemein* vor allem Bildbände zum Einsatz kamen, waren bei *Bäumen*, mit Ausnahme der wissenschaftlichen Gehölzflora, alle genannten Typen gleich stark vertreten (Abbildung 19).

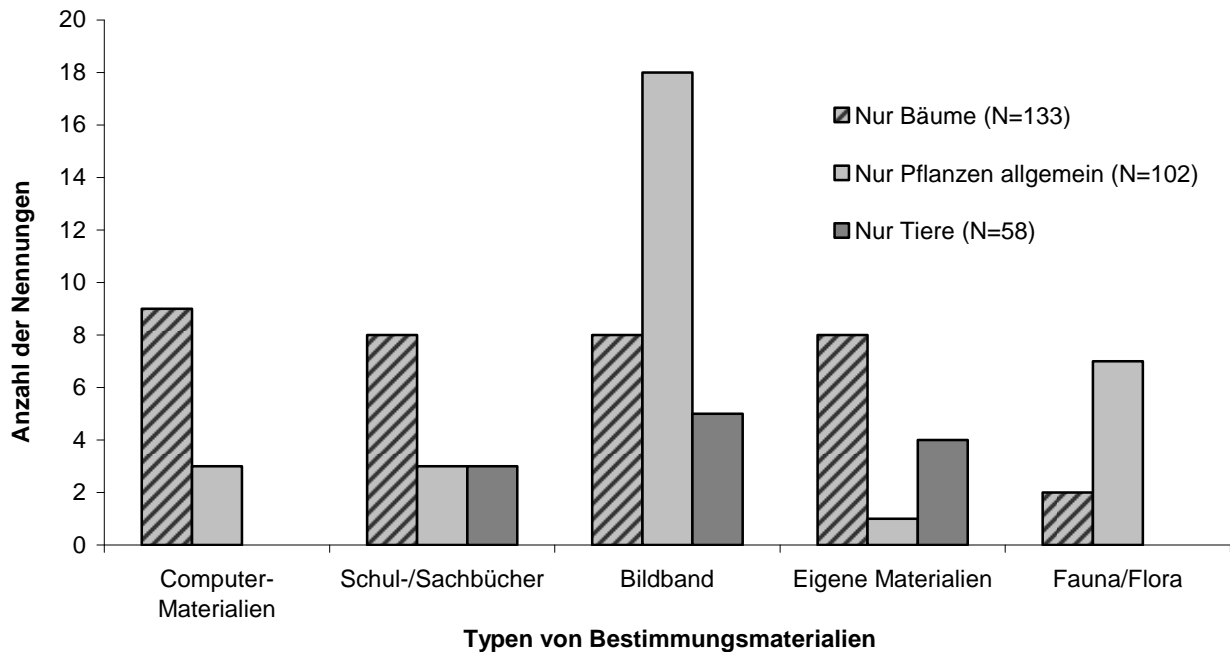


Abbildung 19: Verwendete Typen von Bestimmungsmaterialien. Berücksichtigt wurden nur einfache Nennungen von Bestimmungsobjekten.

Schlüsselt man die verwendeten Bestimmungsmaterialien nach Schultypen auf, so sieht man, dass die Nutzung von Bestimmungshilfen am Computer an Grundschulen, Gymnasien und Hochschulen ähnlich stark vertreten war und weit vor der an Haupt- und Realschule lag (Abbildung 20).

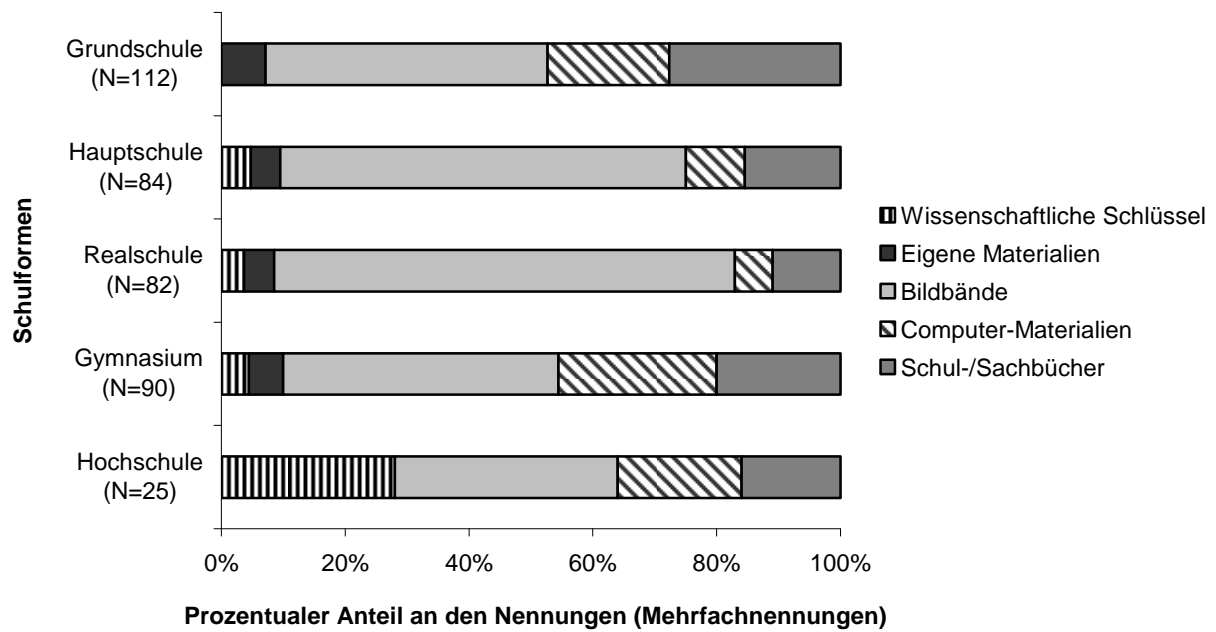


Abbildung 20: Zuvor verwendete Bestimmungshilfetypen nach Schulformen

Nur vier der 25 Klassen/Gruppen aus der Primarstufe, die an der Befragung teilgenommen hatten, hatten vor der Verwendung von „Eikes Baumschule“ bereits Erfahrung mit Bestimmungshilfen. In der Sekundarstufe lag der Anteil nur unwesentlich höher. Die Themen „Bäume“ und „Wald“ waren in der Primarstufe dagegen sehr verbreitet. Nur fünf der 25 Klassen oder Gruppen hatten zuvor keines der Themen durchgenommen, bei zweien ist es nicht bekannt (Abbildung 21).

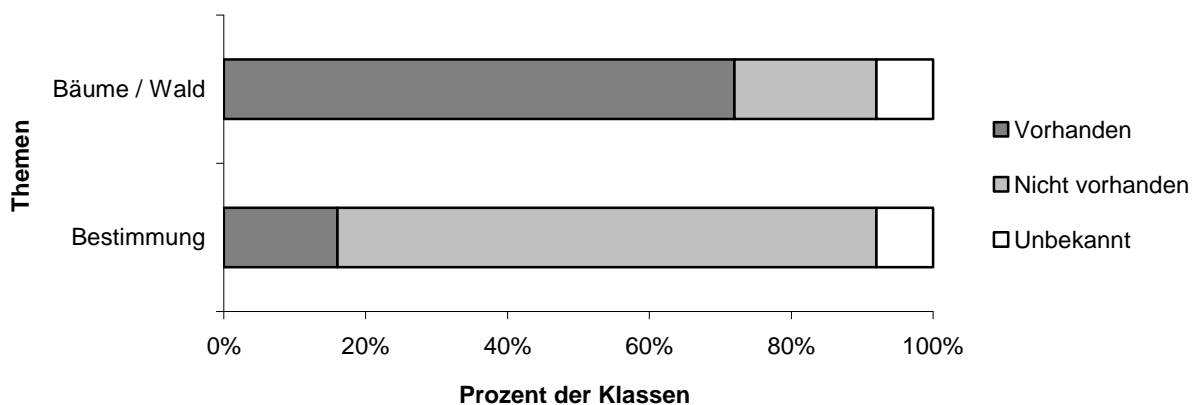


Abbildung 21: Vorerfahrung der Klassen/Gruppen in der Primarstufe (N=25) mit den Themen *Bäume* und *Wald* sowie mit Bestimmungshilfen

Thematischer Rahmen für den Einsatz der Bestimmungshilfe

Die Frage nach dem thematischen Rahmen für mögliche Bestimmungsübungen zog eine große Vielfalt an Antworten nach sich. Demnach sollte die Bestimmungshilfe in die unterschiedlichsten Themen eingebunden werden (Abbildung 22). Erwartungsgemäß standen die Themen ‚Wald‘ und ‚Bäume‘ an erster Stelle. Neben den naturkundlichen Themen und den Schulfächern Sachunterricht und Biologie wurden Themen wie Holzkunde, Papierherstellung, gesunde Ernährung, Evolution, Lernen mit dem PC und Sprache sowie die Schulfächer Geographie, Kunst, Werken und Mathematik aufgeführt.

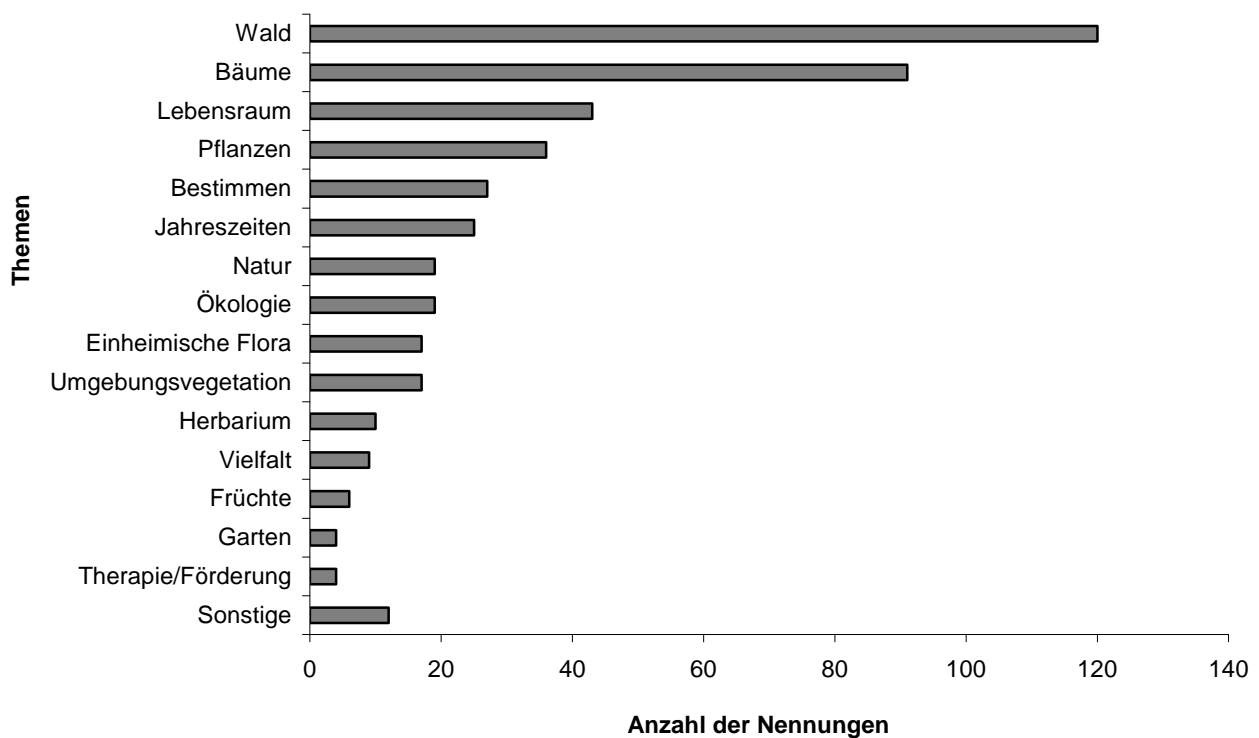


Abbildung 22: Themen, in deren Kontext Bäume bestimmt wurden (ab 4 Nennungen) (N=1036)

Zielareal

Die befragten Personen gaben überwiegend an, den Bestimmungsschlüssel im Wald nutzen zu wollen. Doch auch städtische oder schulnahe Bereiche wie der Schulhof wurden als attraktive Zielareale angegeben. Die Angaben nach Einsatz der Bestimmungshilfe (diese Stichprobe, N=78, ist repräsentativ für die Befragung vor Verwendung der Bestimmungshilfe, N=1036) zeigten, dass geplante und tatsächlich gewählte Zielareale, mit Ausnahme des Waldes, sehr nah beieinander lagen. Bäume im Wald wurden deutlich seltener bestimmt als ursprünglich beabsichtigt (Abbildung 23).

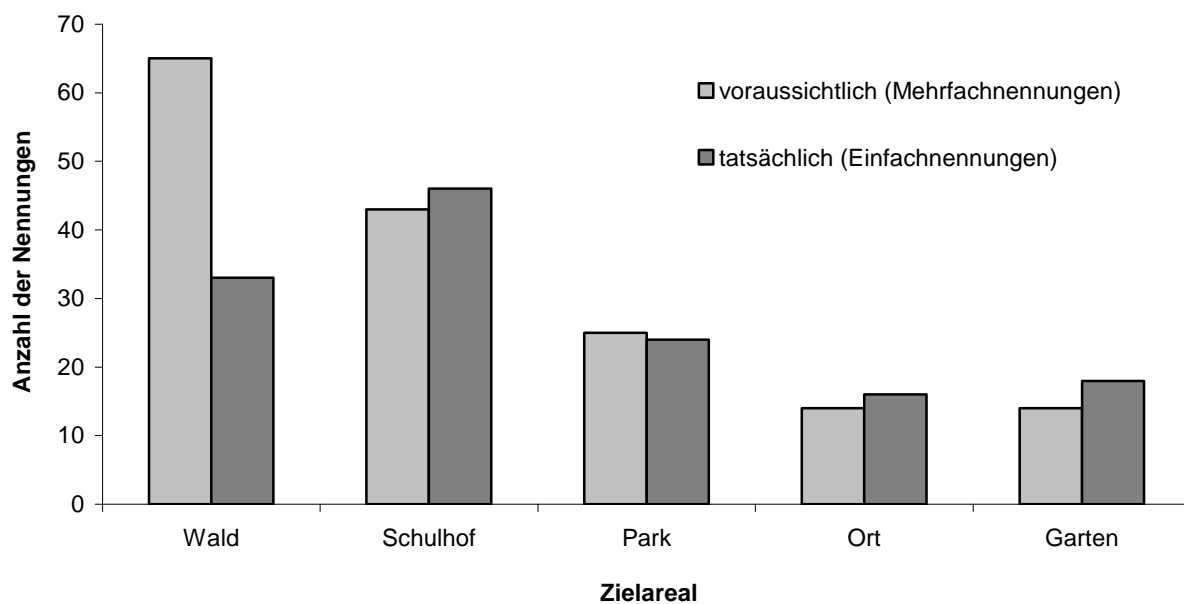


Abbildung 23: Voraussichtliche und tatsächlich gewählte Zielareale im Vergleich (Mehrfachnennungen; N=78)

Die Bestimmung fand häufiger im Gebäude als draußen statt. In der Primarstufe wurden meistens beide Orte kombiniert (Abbildung 24).

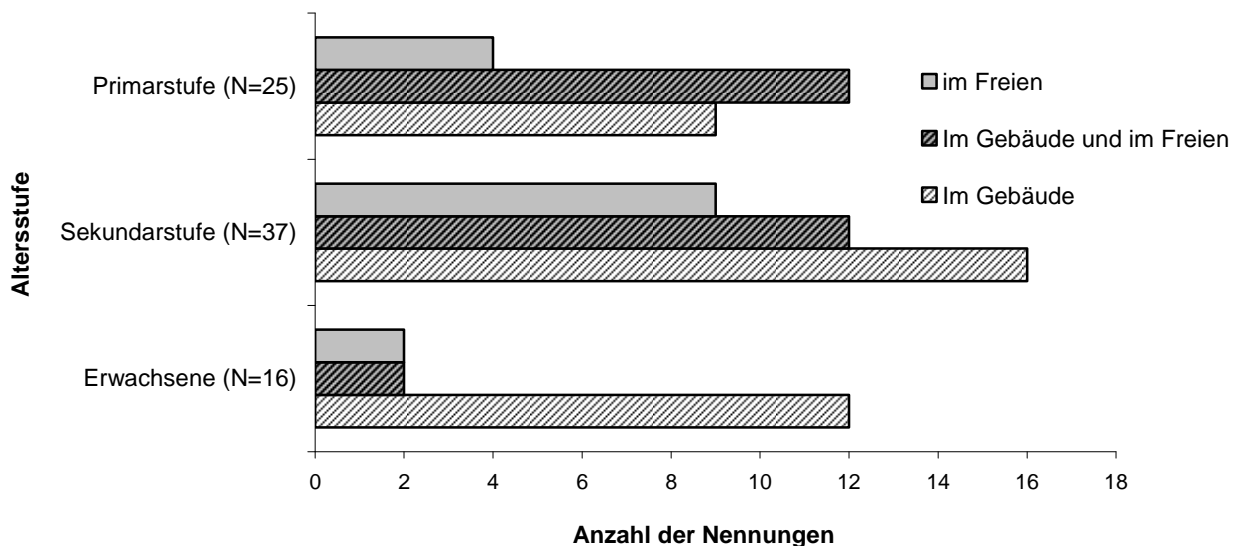


Abbildung 24: Ort der Bestimmung (N=78)

Verwendete Technik

In der Primarstufe wurde der Bestimmungsschlüssel vor allem als Farbausdruck verwendet, zum Teil in Kombination mit der Computerversion. In gut 40 % der Fälle wurde nur mit der Druckversion gearbeitet, da kein Computer zur Verfügung stand. In höheren Klassenstufen wurden häufiger Computer verwendet, auffällig ist jedoch, dass auch hier oft zusätzlich die Druckversion verwendet wurde (Abbildung 25). Mit Laptops wurde seltener gearbeitet (je 4mal in Primar- und Sekundarstufe, 1mal in Erwachsenengruppen). Der Grund dürfte in der Computerausstattung der (Hoch-)Schulen liegen. Laptops stehen den Klassen nur selten zur Verfügung, während vor allem in der Sekundarstufe der PC-Pool üblich ist (Abbildung 26).

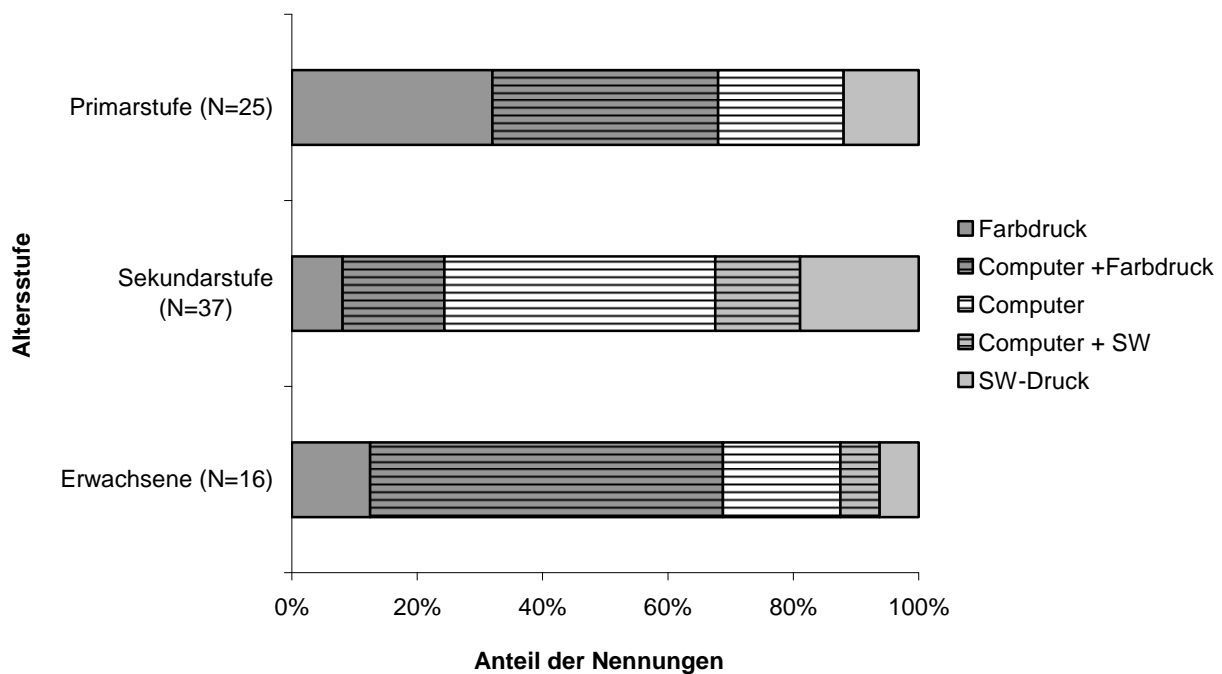


Abbildung 25: Verwendete Technik in den Bestimmungübungen

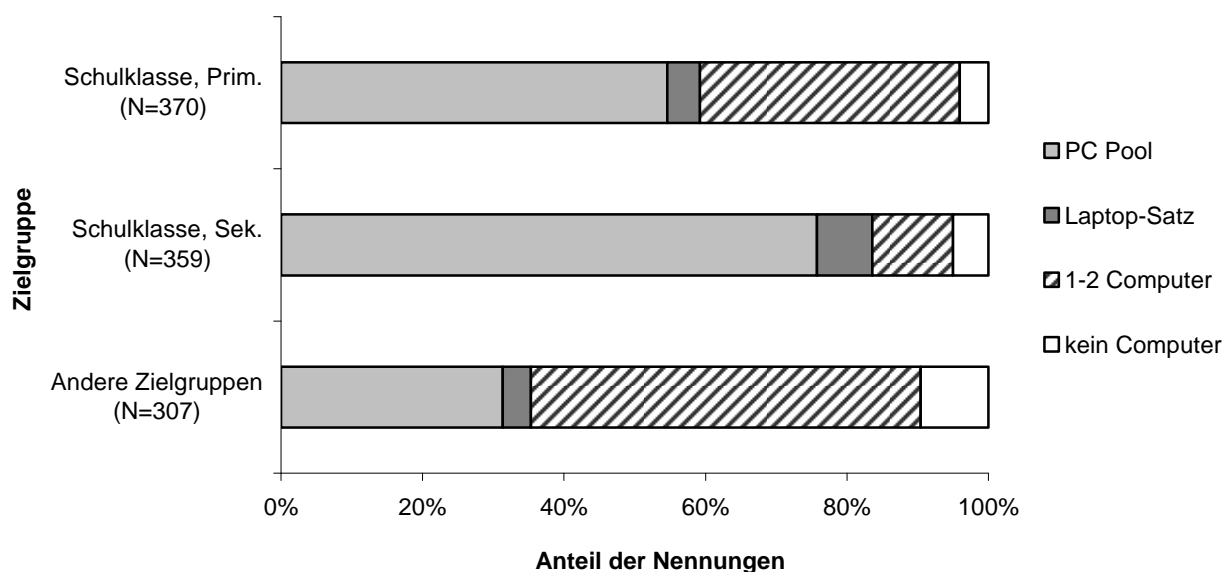


Abbildung 26: Ausstattung mit Computern, die voraussichtlich für die Bestimmungsübung zur Verfügung stand (nach Zielgruppen) N=1036

Der Schwarzweißdruck wurde von 21 Personen als gut anwendbar eingestuft. Nur sechs Lehrkräfte aus der Sekundarstufe gaben an, manches sei nicht gut erkennbar gewesen. Es handelte sich dabei um farbige Pfeile und farbige Schrift, die sich nicht gut genug vom Hintergrund abhoben (zwei Rückmeldungen).

71 von 78 Personen fanden den Download schnell genug. Nur sechs Personen mit DSL, es hätte zu lange gedauert, zehn Personen mit ISDN dagegen waren mit der Geschwindigkeit zufrieden. Nur die Hälfte der Befragten konnte eine Angabe zur verwendeten Bildschirmauflösung machen, am häufigsten wurden 1024x768 Pixel genannt. Alle fanden das Layout für die Bildschirmauflösung angemessen.

3.3.3.3 Nutzung des Bestimmungsschlüssel-Bausatzes

Verwendete Form

Im September 2006 hatten 456 der 1036 Personen (44 %) mindestens einen individuellen Bestimmungsschlüssel zusammengestellt. 580 Personen hatten kein Profil angelegt und nur 26 legten noch im folgenden Jahr ein Profil an.

58 % der 78 befragten Personen hatten im Unterricht individuelle Bestimmungsschlüssel verwendet. Die anderen nutzten den Bausatz, um einzelne Baubeschreibungen (19 %) oder den vollständigen Bestimmungsschlüssel (23 %) herunterzuladen.

Die einzelnen Baumbeschreibungen kamen vor allem in der Primarstufe zum Einsatz, der gesamte Bestimmungsschlüssel hauptsächlich in Gruppen mit Erwachsenen (Abbildung 27).

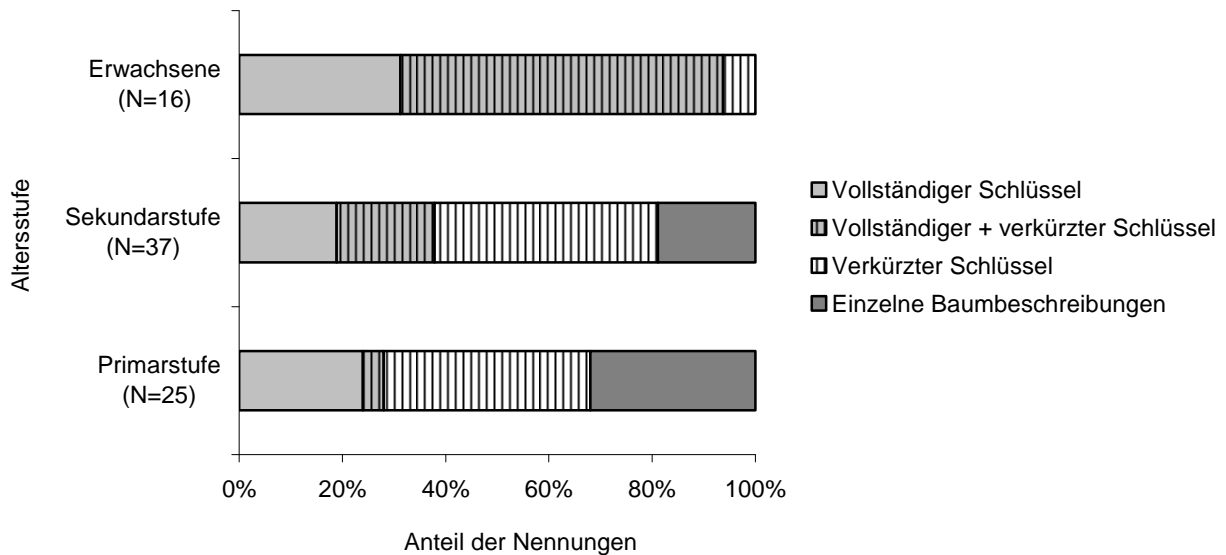


Abbildung 27: Verwendete Form der Bestimmungshilfe nach Altersstufen

Länge der individuellen Bestimmungsschlüssel

Kurze Profile wurden häufiger zusammengestellt als lange. Auffallend oft, insgesamt 74mal, wurde nur eine einzelne Baumart gespeichert und heruntergeladen. 39mal wurden einzelne Baumarten von Lehrkräften heruntergeladen, davon 21 in der Primarstufe (Abbildung 28).

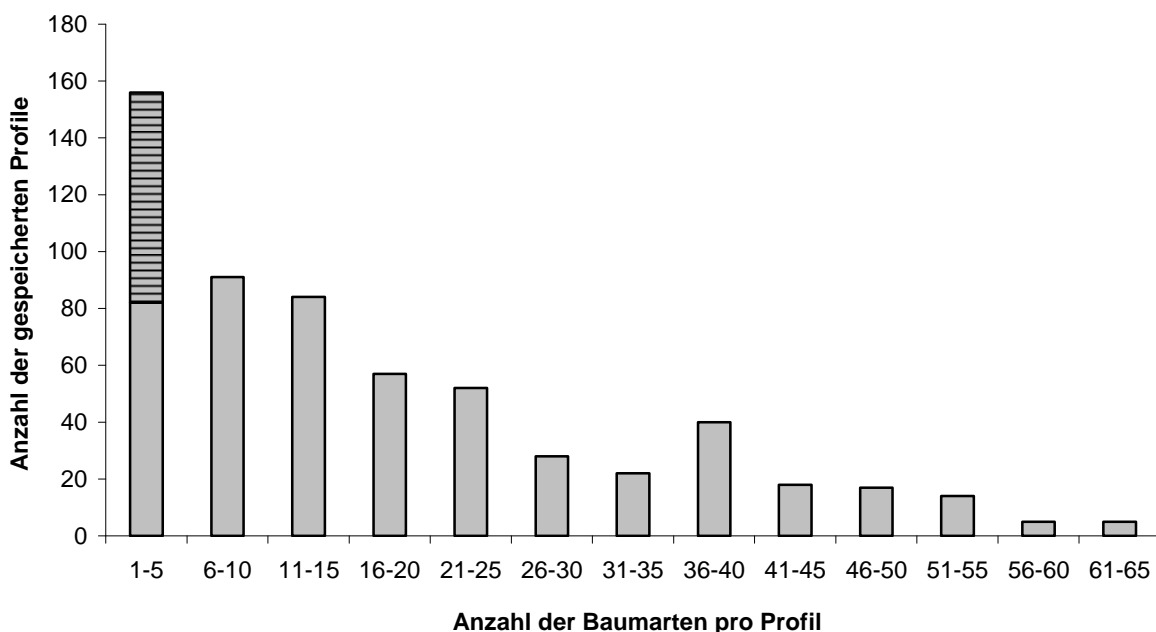


Abbildung 28: Häufigkeit der Profillängen (in 5er Schritten) (Schraffiert: nur eine Baumart ausgewählt)

Bei den durchschnittlichen Profillängen der angepassten Schlüssel zeigten sich keine großen klassenstufenspezifischen Unterschiede. Es konnte allerdings ein Anstieg von der Primarstufe (16,5 Baumarten / Profil) zur Oberstufe (26 Baumarten / Profil) beobachtet werden.

Ausgewählte Baumarten

Tabelle 16 zeigt die Häufigkeit, mit der die Baumarten von Lehrkräften in den individuellen Bestimmungsschlüsseln ausgewählt wurden. Drei Gruppierungen waren erkennbar: Die ersten Ränge wurden vor allem von einheimische Arten eingenommen, die immer als Baum wachsen. An zweiter Stelle kamen die einheimischen Arten, die oft in Strauchform wachsen. An dritter Stelle folgten die gebietsfremden Baumarten. Baumarten ab Rang 60 kamen in weniger als 5 % der Lehrerprofile vor.

Tabelle 16: Baumartenauswahl durch Lehrkräfte (N=366) (Lateinische Namen siehe Tabelle 12, Kapitel 2).

Standortheimische Bäume	Rang	Standortheimische Großsträucher	Rang	Standortfremde Baumarten	Rang
Rotbuche	1				
Bergahorn	2				
Hainbuche	3			Rosskastanie	4
Spitzahorn	5				
Stieleiche	6				
Feldahorn	7				
Gemeine Esche	8	Haselnuss	8		
Sommerlinde	9				
Hängebirke	10				
Ulme	11	Holunder	12	Roteiche	13
Winterlinde	14				
Walnuss	15				
Esskastanie	16			Platane	17
Schwarzerle	18				
Vogelbeere	19				
Apfel	20				
Traubeneiche	21			Robinie	22
Zitterpappel	23			Flieder	24
Trauerweide	26	Salweide	25	Ginkgo	26
Birne	27				
Schwarzpappel	28			Baumhasel	30
Silberpappel	29	Weißdorn	31	Fächerahorn	31
		Schlehe	32		
Silberweide	35	Pflaume	33		
Süßkirsche	36	Silberahorn	34		
		Roter Hartriegel	38	Silberlinde	37
		Bruchweide	39		
		Buchsbaum	40	Eschenahorn	40
		Stechpalme	41		
		Pfaffenhütchen	42	<i>Goldregen</i>	43
		Sanddorn	44		
		Kornelkirsche	45		
		Felsenbirne	46	Magnolie	47
Mispel	48			Essigbaum	49
Mehlbeere	50	Traubenkirsche	50	Maulbeere	50
				Trompetenbaum	50
				Pfirsich	51
				Wintergrüne Eiche	52

Standortheimische Bäume	Rang	Standortheimische Großsträucher	Rang	Standortfremde Baumarten	Rang
		Kreuzdorn	53	Burgenahorn	54
				Tulpenbaum	55
				Streifenahorn	56
Elsbeere	57			Blumenhartriegel	57
				Zerreiche	58
				Ölweide	59
				Blutpflaume	59
				Blasenesche	60
				Götterbaum	61
				Blumenesche	61
Speierling	62			Schwarznuß	63
				Kolchischer Ahorn	63
				Judasbaum	64
				Amberbaum	64
				Flügelnuß	64
				Gleditschie	65
				Butternuß	66
				Kleeulme	66
				Blauglockenbaum	67
				Pyrenäeneiche	68
				Geweihbaum	69
				Perlschnurbaum	70
				Zürgelbaum	71

Abbildung 29 zeigt die Rangfolge der Baumarten in den individuellen Bestimmungsschlüsseln, die von Lehrkräften zusammengestellt wurden, im Vergleich zu deren Bedeutung in der Studie von Mayer (1992) und in Schulbüchern. Dargestellt sind nur diejenigen Baumarten, die in über 20 % aller Bestimmungsschlüssel vorkommen. Einige Arten wurden zu Gattungen zusammengefasst, da auch die Studie und die Schulbücher größtenteils nur Gattungen berücksichtigen.

Der Vergleich zeigte zunächst die geringe Präsenz von Baumbeschreibungen oder -darstellungen in Sachunterrichts- oder Biologiebüchern. Auf den zweiten Blick offenbarten sich grundsätzliche Ähnlichkeiten bei allen drei Kurven. Die auffälligsten Unterschiede gab es bei den Arten Hainbuche, Esskastanie und Birke, die im Vergleich zu den Profilen in der Studie weniger wichtig oder sogar als gar nicht wichtig eingeschätzt wurden, und den Obstbäumen (Apfel, Birne, Kirsche) denen in der Studie eine wichtigere Rolle beigemessen wurde.

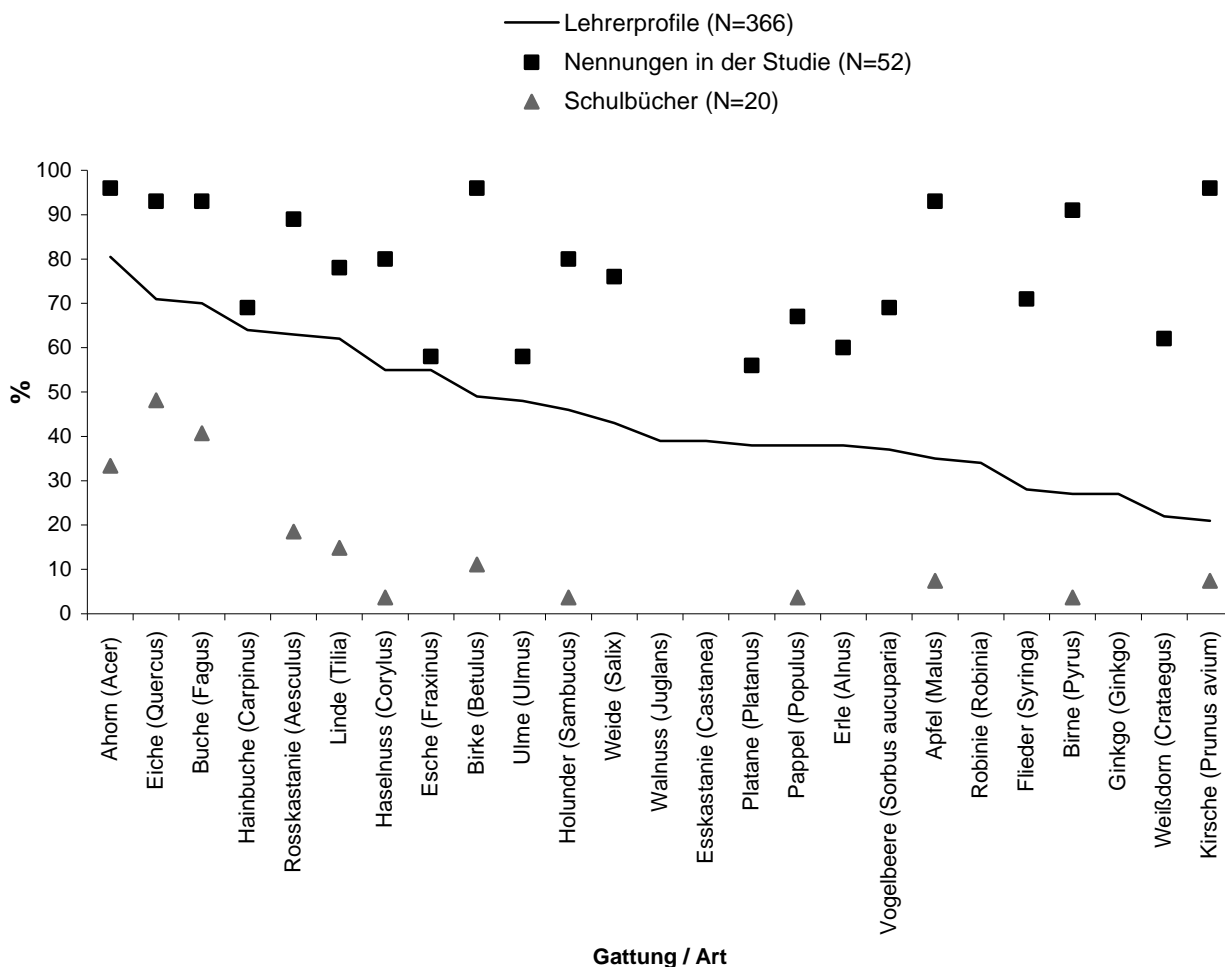


Abbildung 29: Prozentualer Anteil der Baumarten in den individuellen Bestimmungsschlüsseln (Profilen) von Lehrkräften, in der Formenvielfalt-Studie (Mayer 1992) und in Schulbüchern. Aus der Studie nach Mayer lagen nur Prozentangaben zu Baumarten vor, die von mindestens 56 % der Befragten angekreuzt wurden.

16 Personen gaben an, es hätten entweder Baumarten gefehlt oder sie hätten einen Baum nicht bestimmen können. Oft wurden die fehlenden Arten allerdings nicht weiter spezifiziert. Unter den Angaben kamen wiederholt Nadelbäume vor, die ja mittlerweile mit dem Bestimmungsschlüssel „Eikes Nadelbäume“ (Risch 2006) bestimmbar sind. Andere Angaben betrafen Baumarten, die vorhanden waren, aber nicht gefunden wurden, da sie anders benannt waren (z.B. „Vogelbeere“ statt „Eberesche“). An Laubbäumen wurden Grauerle und Ahorn-Zierarten als fehlend genannt.

3.3.3.4 Beurteilung von Konzeption und Gestaltung

Navigation

Der Schwierigkeitsgrad der Navigation im Bestimmungsschlüssel wurde im Durchschnitt mit 1,8 – auf einer Skala von 1 (einfach) bis 6 (schwierig) – beurteilt. Für Erwachsene wurde die Navigation als sehr leicht eingeschätzt (1,31). Für die Primarstufe sowie die Sekundarstufe I wurde sie als leicht beurteilt (beide Male im Durchschnitt 1,9).

Am Ende des Bestimmungswegs gibt es einen Hinweis, wie man im Falle einer Fehlbestimmung vorgehen kann: entweder direkt zum Anfang der Bestimmung springen und es neu versuchen oder den Weg Schritt für Schritt zurückverfolgen. Dieser Hinweis wurde von 73 der 78 Befragten als hilfreich empfunden, nur fünf fanden ihn nicht hilfreich (Primarstufe 1x, Sekundarstufe 3x, Erwachsene 1x). Dreizehn der 78 Befragten fanden, dass es in den Baumbeschreibungen zu viele Schaltflächen gäbe, von denen acht in der Sekundarstufe, drei in der Primarstufe unterrichteteten.

Abbildungen

Die Qualität der Abbildungen wurde im Durchschnitt mit der Note 1,4 bewertet. Am besten geeignet waren die Abbildungen nach Ansicht der Befragten für die Primarstufe (Note 1,2 gegenüber Note 1,5 bei der Sekundarstufe), doch auch für Erwachsenengruppen erhielten sie eine sehr gute Bewertung (1,3).

Ein großer Teil der Lehrpersonen war der Ansicht, dass das Eichhörnchen die Akzeptanz der Bestimmungshilfe bei den Mitgliedern ihrer Gruppe oder Klasse erhöhte, nur eine Lehrkraft aus der Sekundarstufe und eine Nutzerin mit einer Erwachsenengruppe waren der Ansicht, dass die Akzeptanz verringert würde (Tabelle 17). Bei einigen Personen war jedoch der Wunsch nach einer Verkleinerung oder Ausblendung des Eichhörnchens vorhanden. Einmal wurde als Grund der Druckpatronenverbrauch genannt.

Tabelle 17: Beurteilung der Instruktor-Figur "Eichhörnchen Eike"

Das Eichhörnchen...	Primarstufe (N=25)	Sekundarstufe (N=37)	Erwachsene (N=16)
... sollte kleiner sein.	2	5	4
... sollte sich ausblenden lassen.	2	11	4
... erhöht die Akzeptanz der Bestimmungshilfe.	11	12	3
... verringert die Akzeptanz.	0	2	1
... hat keinen Einfluss auf die Akzeptanz.	6	7	5
... hat einen unbekanntem Einfluss auf die Akzeptanz.	8	16	7

Vier Lehrkräfte aus der Sekundarstufe waren der Meinung, die Schaltflächen seien zu bunt oder zu kindlich für die Zielgruppe. Zwei Lehrkräfte aus der Primarstufe und acht aus der Sekundarstufe hielten sie (teilweise) für unverständlich.

Texte

Mit der Durchschnittsnote 1,6 erhielt die Qualität der Texte eine ähnlich gute Bewertung wie die der Abbildungen, wobei hier Primarstufe (1,5) und Sekundarstufe (1,6) näher beieinander lagen und Nutzerinnen und Nutzer aus Erwachsenenengruppen mit 1,7 etwas kritischer urteilten.

Lediglich drei Lehrkräfte (2x Primarstufe, 1x Sekundarstufe) fanden die Texte zu kompliziert, eine Nutzerin mit einer Erwachsenenengruppe fand sie zu einfach. Auch die Länge der Texte wurde als angemessen beurteilt. Nur sechs von 78 Personen (Primarstufe 1x, Sekundarstufe 2x, Erwachsene 4x) fanden sie zu kurz; eine Lehrerin aus der Sekundarstufe fand sie zu lang.

Komplexität und Darbietung der Informationen

Auch Komplexität und Darbietung der Information wurden weitgehend als angemessen eingeschätzt. Nur vier Personen mit Klassen oder Gruppen der Sekundarstufe beurteilten die Information als zu wenig übersichtlich dargeboten, zwei als zu wenig anschaulich. Als zu detailliert wurden sie fünfmal für die Primarstufe und dreimal für die Sekundarstufe eingeschätzt, als zu reduziert je zweimal für die Sekundarstufe und für Erwachsenenengruppen.

3.3.3.5 Einarbeitungszeit und Probleme im Umgang mit der Bestimmungshilfe

Benötigte Einarbeitungszeit

Etwa die Hälfte der Schülerinnen und Schüler in Sekundarstufe 1 und Primarstufe benötigten nach Angaben ihrer Lehrkräfte keine Einarbeitungszeit. Die Verteilung der Einarbeitungsdauer war in beiden Altersstufen recht ähnlich (Abbildung 30) und lag überwiegend zwischen einer halben und zwei Unterrichtsstunden. Im Praxistest (Kapitel 3.4) konnten Kinder der 3. bis 6. Klassenstufe ohne Einarbeitungszeit mit der Bestimmungshilfe arbeiten.

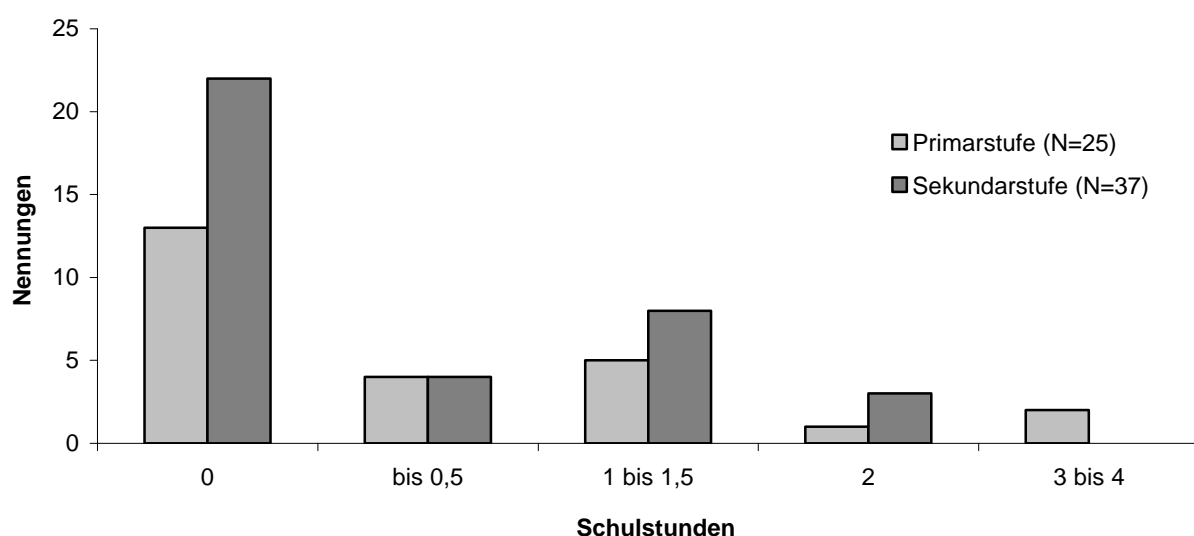


Abbildung 30: Einarbeitungsdauer in Unterrichtsstunden in der Primarstufe (N=25) und Sekundarstufe I (N=37)

Probleme mit Bestimmungsfragen

Im Fragebogen wurde gezielt nach Problemen mit den Kriterien *Blattstellung* (gegenständig oder wechselständig) und *Blattaufteilung* (zusammengesetzte oder einfache Blätter) gefragt. Zusätzlich konnten weitere problematische Kriterien und Gründe für die aufgetretenen Probleme angegeben werden. Als Möglichkeiten wurden die Antworten „die Texte waren missverständlich“, „die Abbildungen waren missverständlich“ und „die Merkmale waren schwer zu erkennen“ vorgegeben.

Tatsächlich gab es zu den genannten Kriterien einige Rückmeldungen (Abbildung 31). Ganz selten wurde begründet, dass Texte oder Abbildungen missverständlich wären. Beim Kriterium "gegenständig / wechselständig" war das am häufigsten genannte Problem, dass nur einzelne

Blätter und keine ganzen Zweige vorhanden waren. Oft wurden Baumbestimmungen im Herbst durchgeführt, wenn die Blätter am Boden lagen. Die Zweige waren dann mitunter in nicht erreichbarer und erkennbarer Höhe. Das gleiche Problem trat auch beim Kriterium 'zusammengesetzt / einfach' auf, da sich im Herbst oft die Fiederblättchen von der Blattspindel lösen und einzeln auf dem Boden liegen.

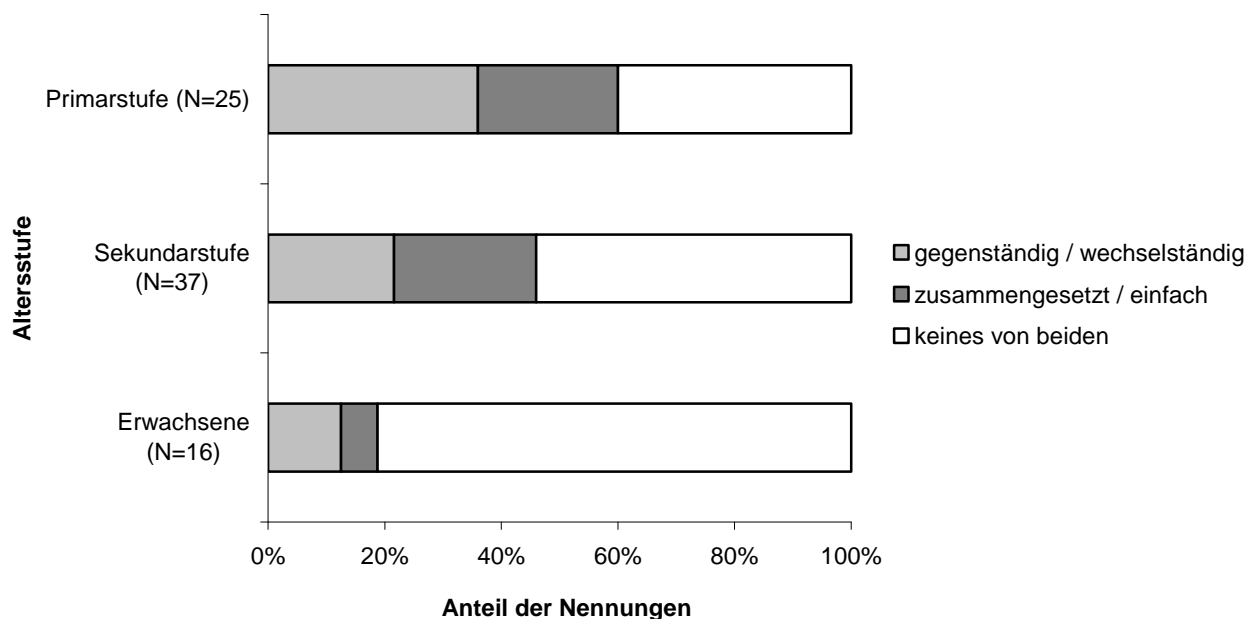


Abbildung 31: Probleme mit Bestimmungsfragen

Als weitere problematische Kriterien wurden nur vereinzelt der Blattrand, der Verlauf der Blattadern und die Form des unteren Blattes genannt, die oft an den Blättern zu variabel sei.

Am häufigsten wurden von den Lehrkräften mangelnde Fähigkeiten und Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler beklagt. Genannt wurden Leseprobleme, vor allem bei Kindern mit Migrationshintergrund, und Erkenntnisprobleme, vor allem bei Stadtkindern. Außerdem wurde darauf hingewiesen, Grundkenntnisse müssten vorab vermittelt werden.

Funktionsfehler

Eikes Baumschule wurde nacheinander auf drei verschiedenen Webservern mit jeweils unterschiedlichen Software-Versionen bereitgestellt, wodurch es immer wieder zu Funktionsstörungen kam. Viele Mitteilungen bezogen sich auf solche Fehlfunktionen. Bei manchen Personen funktioniert der Download nicht, bei anderen die Links im Bestimmungsschlüssel. Seit dem letzten Serverumzug erscheinen im PDF-Dokument keine Baumnamen mehr.

Manche Befragten waren verwirrt, weil einzelne Bäume in beiden Ästen des Bestimmungswegs auftauchten. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um einen Fehler, vielmehr reagiert der Bestimmungsschlüssel an dieser Stelle auf die Variabilität mancher Blätter (so können z.B. Blätter der Stechpalme gezähnt oder ganzrandig sein).

3.3.3.6 Interesse an möglichen Zusatzangeboten

Andere Versionen, zusätzliche Inhalte

Gefragt wurde nach dem Interesse an einer Bestimmungshilfe für Nadelbäume, an einer englischen und einer französischen Übersetzung und an einem Layout für PDAs⁵. An einer Bestimmungshilfe für Nadelbäume waren fast alle Personen interessiert (71 von 78). Die englische Version war vor allem für Lehrkräfte interessant, die in der Primarstufe unterrichten (acht von insgesamt 17 Nennungen). Die französische Version (fünf Nennungen) spielt nur eine untergeordnete Rolle. Neun von 78 Personen zeigten sich an einer Layout-Version für PDAs interessiert. Die zur Zeit der Umfrage (2005/2006) aktuellen PDAs wurden inzwischen in ihrer Funktion von den Smartphones abgelöst. Das normale HTML-Layout des Bestimmungsschlüssels ist nach eigenen Erfahrungen gut für die Anwendung auf Smartphones geeignet.

Als weitere Wünsche wurden Bestimmungsschlüssel für Gräser, Blütenpflanzen allgemein und standortheimische Sträucher genannt. Für den Baumbestimmungsschlüssel wurden Zusatzinformationen wie ökologische Zusammenhänge. (z.B. Stoffkreisläufe, Symbiosen mit Pilzen) und ein Verzeichnis der lateinischen Artnamen gewünscht.

Zusätzliche Funktionen

Den Befragten wurden verschiedene Zusatzfunktionen genannt, die für den Bestimmungsschlüssel denkbar wären. Sie wurden gebeten, deren Relevanz für den Bestimmungsschlüssel einzuschätzen. Es handelte sich um

- ein Glossar, in dem die verwendeten Fachbegriffe erklärt werden
- Hilfefenster, die sich aus dem Bestimmungsweg heraus öffnen lassen
- eine Suchfunktion, mit der sich Begriffe in den Steckbriefen ermitteln lassen
- Lernspiele für eine Festigung des erworbenen Wissens

⁵ Personal Digital Assistant

- eine Möglichkeit, die Baumliste, über die sich die Baumbeschreibungen direkt öffnen lassen, herunterzuladen.

Die Beurteilungsskala reichte von 1 (sehr wichtig) bis 6 (absolut unwichtig). Die folgenden Noten sind Mittelwerte. Bis auf die Lernspiele erhielten alle Funktionen etwa die Note 2,0 (Abbildung 32).

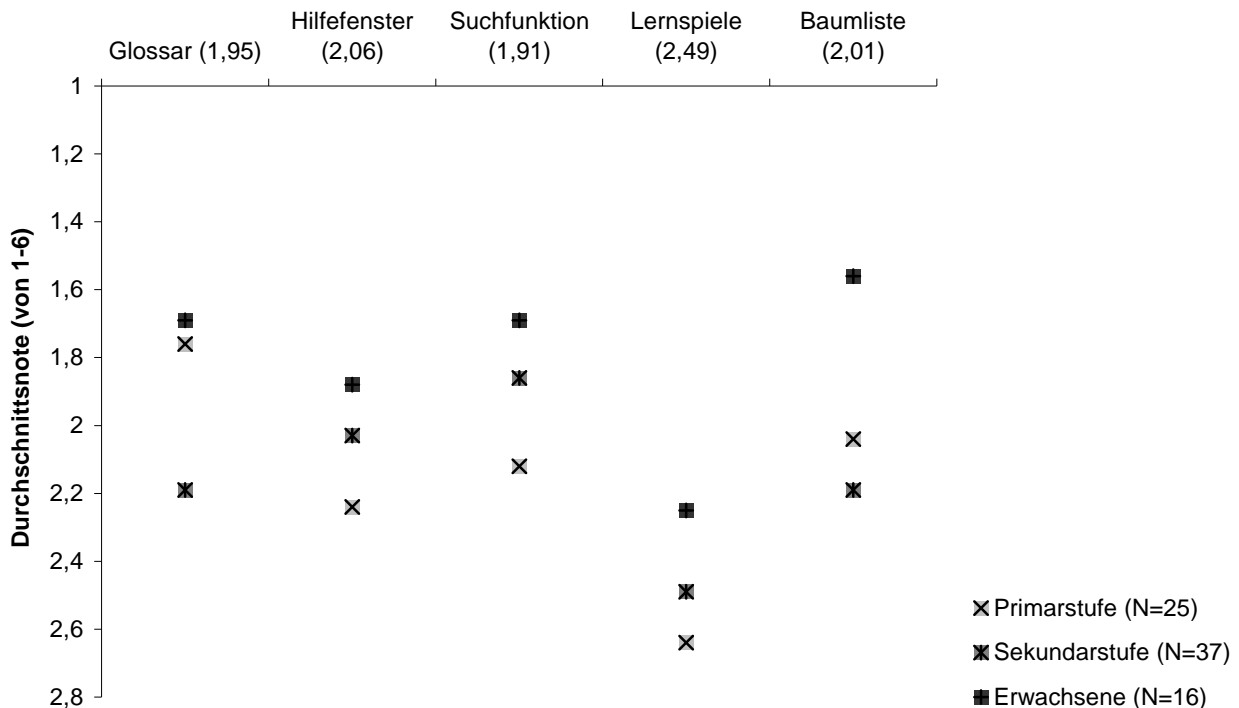


Abbildung 32: Die Gewichtung von Zusatzfunktionen im Überblick. In Klammern: Durchschnittsnote aller Altersstufen.

Weitere Wünsche und Anregungen

Die Nutzerinnen und Nutzer fragten nach vorgefertigten Angeboten wie eine „Bestimmungseinheit auf CD“, „Reduzierung der Komplexität durch Trennung von Bäumen und Sträuchern“, einen „Kopiersatz der wichtigsten Bäume für den Schulgebrauch“ und „eine Druckversion höchstens in DIN A6“. Außerdem wurde um eine alphabetische Sortierung der Profile nach Benutzernamen gebeten. Auch gab es zwei Anfragen zu Inhalten der Steckbriefe. Ein Nutzer regte an, ein Foto der jeweiligen Holzart zu integrieren und bot an, selbst die Fotos dafür zu liefern. Eine andere Nutzerin fragte nach Angaben zur Familienzugehörigkeit.

3.4 Praxistest

3.4.1 Probanden und Gruppeneinteilung

Die Untersuchung wurde an vier Terminen im Juni 2005 mit je einer Klasse der Klassenstufen 3-6 durchgeführt. Insgesamt handelte es sich um 88 Schülerinnen und Schüler. Die jeweils anwesende Klasse wurde in drei Stationen (A, B und C) eingeteilt, indem sie Zettel mit den Buchstaben „A“, „B“ oder „C“ ziehen mussten. Pro Station gab es, je nach Klassengröße, drei bis vier Gruppen mit jeweils 2-3 Kindern. Jeder Gruppe stand ein Laptop zur Verfügung. Insgesamt waren es 39 Gruppen (13 pro Station).

3.4.2 Durchführung

Vorbereitung zu den Bestimmungsübungen

Zu Beginn wurde den Kindern der Ablauf der Bestimmungsübungen erklärt. Zwei Bestimmungskriterien, für deren Verständnis gewisse Vorkenntnisse nötig waren, wurden im Vorfeld erläutert. Es handelte sich um die Kriterien 'Blattstellung' und 'einfache / zusammengesetzte Blätter'. Die Erläuterungen wurden auch schriftlich in Form von Informationstafeln (siehe Anhang I) an den Tischen ausgelegt.

Areal

Alle Bestimmungsübungen fanden auf dem Gelände des Naturschutzzentrums Rappenwört statt. Das Gelände bot folgende Vorteile:

- gute Verkehrsanbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln
- viele Baumarten auf engem Raum
- viele strauchförmig wachsende Bäume oder Bäume mit tief herabhängenden Zweigen, die für Kinder leicht erreichbar sind
- drei überdachte Tisch-Bank-Kombinationen inmitten der Bäume.

Auf jedem der drei Tische wurden je nach Klassengröße drei oder vier Laptops stationiert. Jede Laptop-Gruppe erhielt einen vereinfachten Plan des Geländes, in dem die zwölf zu bestimmenden Laubbaumarten markiert waren. Alle markierten Bäume (Tabelle 18) standen im Umkreis der Tische (Abbildung 33, Markierung x) und hatten Blätter in erreichbarer Höhe.

Tabelle 18: Ausgewählte Baumarten

Nr.	Dt. Name	Lat. Name
1	Rotbuche	<i>Fagus sylvatica</i>
2	Schwarzer Holunder	<i>Sambucus nigra</i>
3	Stieleiche	<i>Quercus robur</i>
4	Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>
5	Gemeine Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>
6	Haselnuss	<i>Corylus avellana</i>
7	Winterlinde	<i>Tilia cordata</i>
8	Flatterulme	<i>Ulmus laevis</i>
9	Feldahorn	<i>Acer campestre</i>
10	Roskastanie	<i>Aesculus hippocastanum</i>
11	Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>
12	Eingrifflicher Weißdorn	<i>Crataegus monogyna</i>

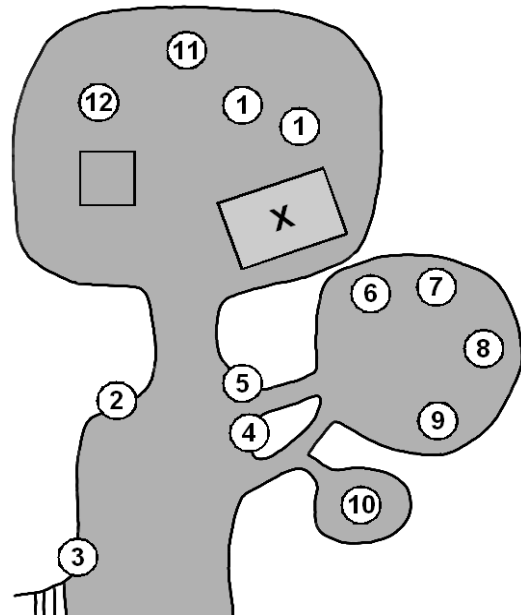


Abbildung 33: Lageskizze des Geländes mit den Nummern der Baumarten

Die Bäume waren gut lesbar nummeriert. Baumart 1, die Rotbuche (*Fagus sylvatica*), war zweimal vertreten, da bei der ersten zu bestimmenden Baumart der größte Ansturm zu erwarten war.

Material

An jedem der drei Tische kam eine andere Variante der Bestimmungshilfe zum Einsatz (Tabelle 19).

Tabelle 19: Varianten der Bestimmungshilfe

Station	Form	Anzahl Baumarten
A	Dichotomer Bestimmungsweg; Ergebnisseite verweist auf Baumbeschreibungen	85
B	Dichotomer Bestimmungsweg; Ergebnisseite verweist auf Baumbeschreibungen	12
C	Bild-Objekt-Vergleich: Laubblattabbildungen nebeneinander auf dem Bildschirm, nach Ähnlichkeit geordnet; verweisen direkt auf Baumbeschreibungen	12

Die Bestimmung erfolgte mit Tablet PCs, die per Stifteingabe über den Bildschirm bedient wurden. Jede Gruppe erhielt einfache, aus Papier gefaltete Tüten zum Sammeln der Blätter. An jeder Station gab es ein Formular zur Protokollierung von Bestimmungszeit und Bestimmungsergebnis (siehe Anhang II).

Ablauf der Bestimmungsübungen

Jeder Station wurde eine Studentin, Lehrerin oder eine andere Begleitperson als Protokollantin zugeteilt. Gemäß der Arbeitsanweisung (siehe Anhang III) benutzten die Kinder die Papiertüten, um den Baumnamen und die Blattstellung zu notieren und ein Blatt mit an die Station zu nehmen. Jeweils vor und nach jeder Bestimmung meldeten sie sich bei der Protokollantin, die Beginn bzw. Ende und Ergebnis der Bestimmung sowie Ergebnis in die Formulare eintrug.

Befragung zur Motivation

Im Anschluss an die Bestimmungsübungen wurden die Kinder einer 3. und einer 6. Klasse gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Er enthielt die folgenden Fragen:

- Wie hat dir das Bestimmen der Bäume gefallen?
- Was war gut?
- Was war nicht so gut?
- Bist du mit dem Ergebnis zufrieden?

Dauer der Veranstaltung

Die gesamte Veranstaltung dauerte 90 Minuten, was zwei Unterrichtsstunden entspricht. Für die reine Bestimmung der Bäume standen 45 Minuten zur Verfügung.

3.4.3 Ergebnisse

Bestimmungsdauer

Die Bestimmungsübungen dauerten jeweils zwischen 20 und 45 Minuten. Die Zeit, die für das Bestimmen eines einzelnen Baumes benötigt wurde, war je nach Gruppe und Baumart sehr unterschiedlich. Im Durchschnitt wurde für Station A am meisten und für Station C am wenigsten Zeit benötigt (Abbildung 34).

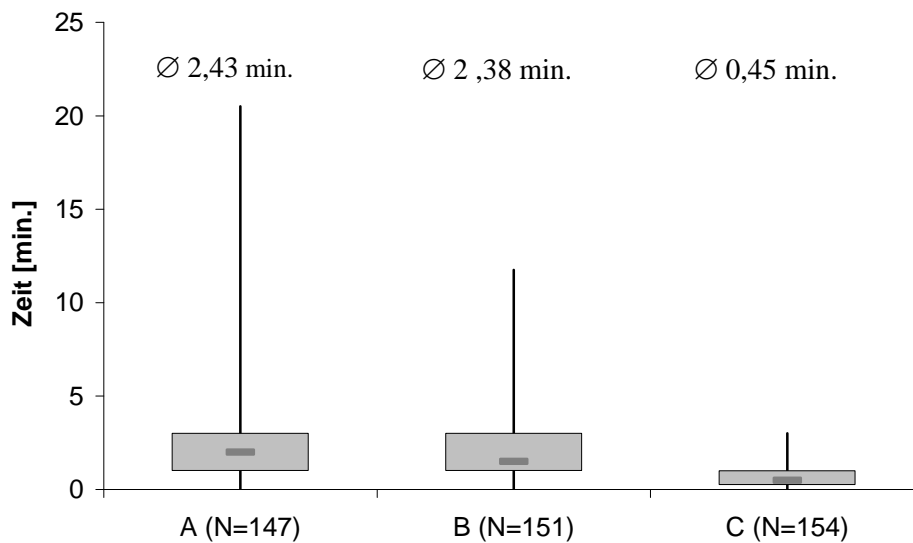


Abbildung 34: Durchschnittliche Dauer der einzelnen Bestimmungsvorgänge.

- A: vollständiger Bestimmungsschlüssel mit 85 Baumarten;**
- B: angepasster Bestimmungsschlüssel mit 12 Baumarten;**
- C: Bild-Objekt-Vergleich mit 12 Laubblatt-Abbildungen**

Bestimmungserfolg

Der Bestimmungserfolg war an den Stationen B und C sehr ähnlich. Bei Station A gab es die meisten falsch oder gar nicht bestimmten Bäume (Abbildung 35).

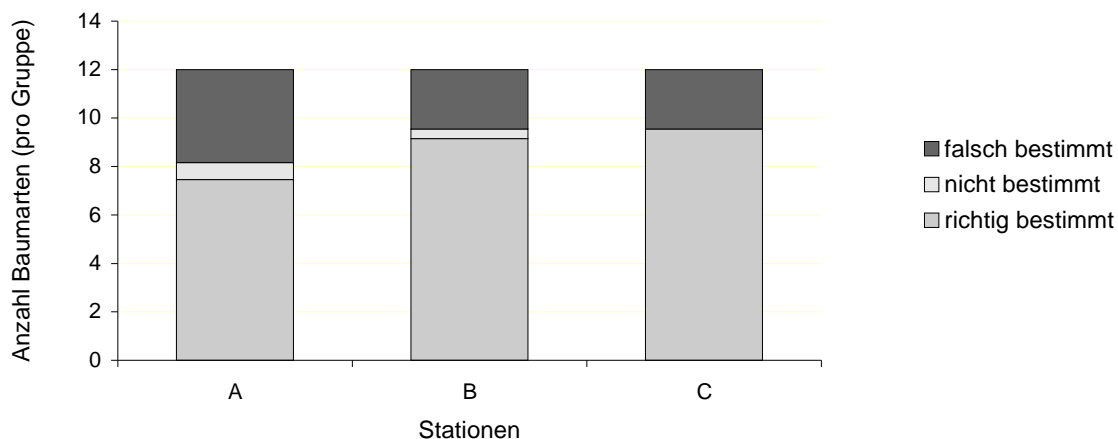


Abbildung 35: Bestimmungserfolg nach Stationen (Anzahl Bestimmungen pro Station: N=156 bei 12 Bestimmungen pro Gruppe und 13 Gruppen pro Station)

Die Fehlbestimmungen unterschieden sich zwischen den Stationen sehr. Am häufigsten wurden Esche und Ulme falsch bestimmt. Jede Baumart wurde mindestens zweimal falsch bestimmt (Abbildung 36).

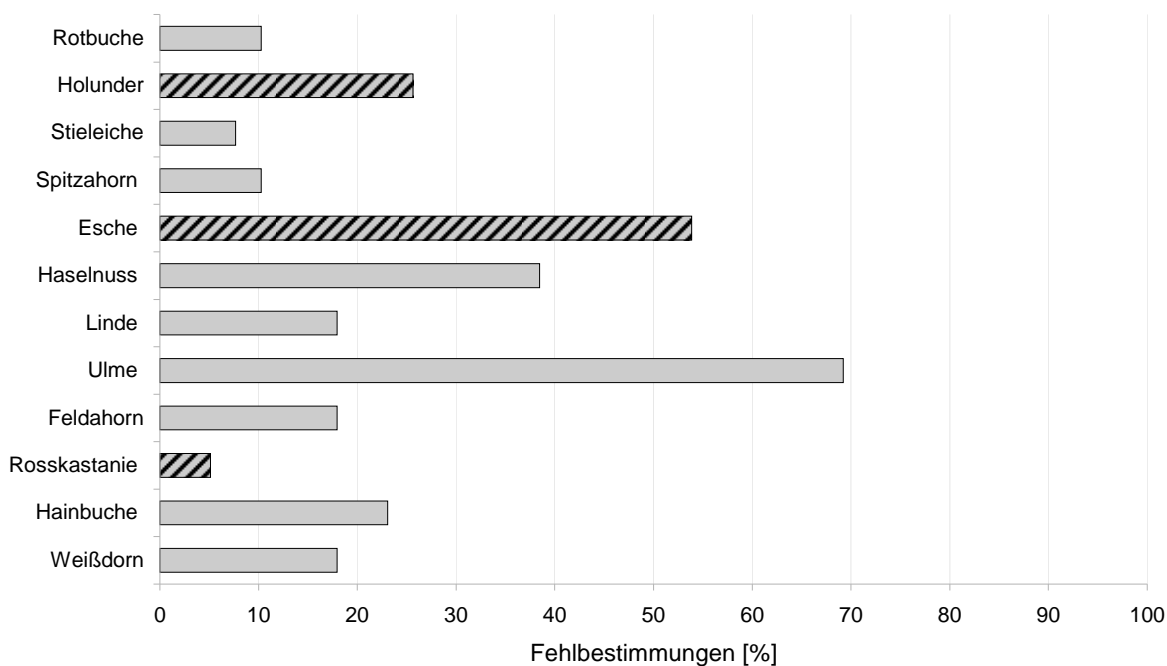


Abbildung 36: Fehlbestimmungen in % aller angestrebten Bestimmungen pro Baum (N=39). Zum übersichtlicheren Vergleich der Diagramme sind Baumarten mit gefiederten/gefingerten Blättern schraffiert dargestellt. Lateinische Artnamen siehe Tabelle 18.

Abbildung 36 zeigt die Baumarten in der Reihenfolge, in der die Bestimmung ablief. Es ist kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fehlbestimmungen und dem Zeitpunkt, zu dem der Baum bestimmt wurde, erkennbar.

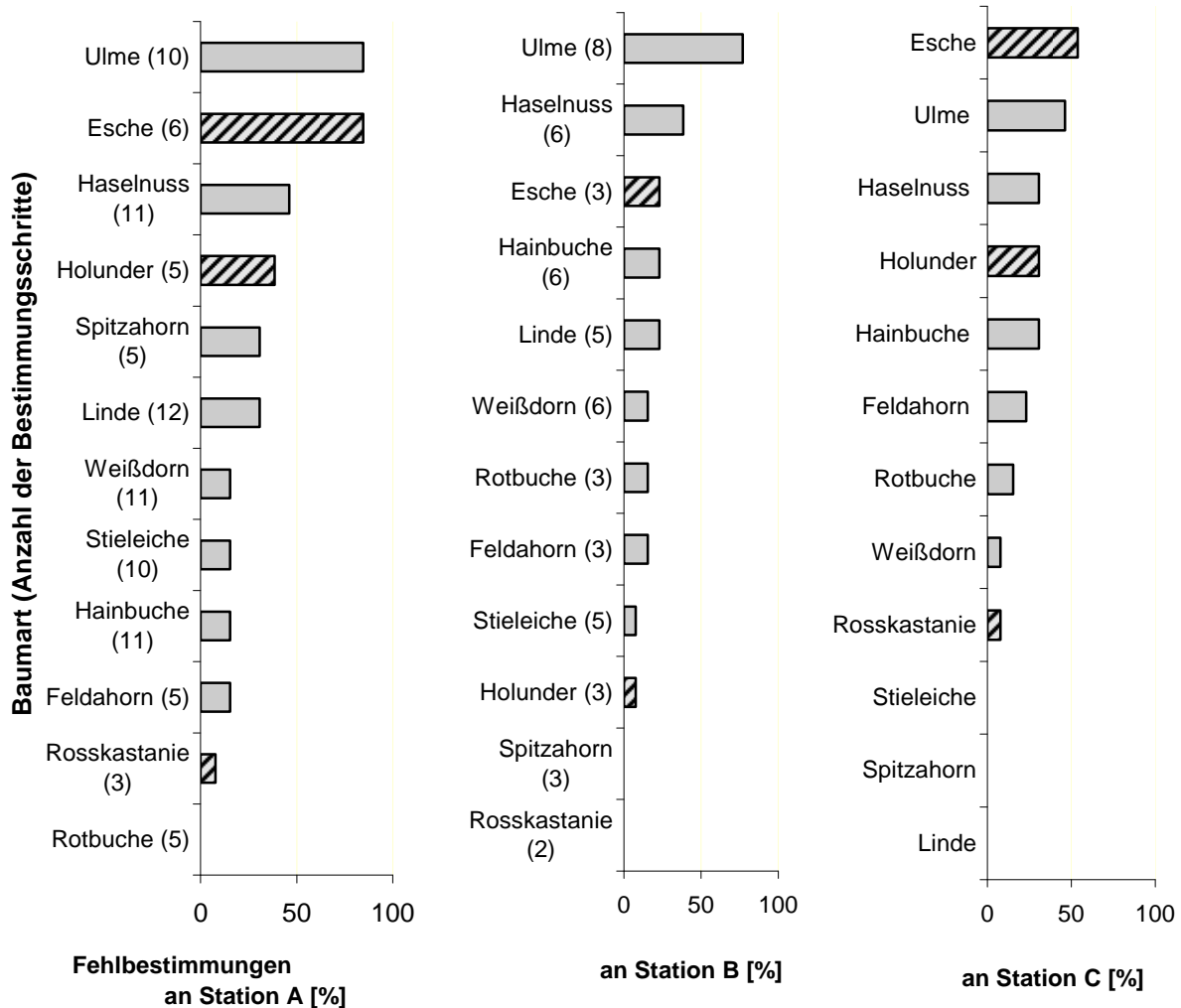


Abbildung 37: Fehlbestimmungen an Stationen A, B und C in % aller angestrebten Bestimmungen pro Baum (N=13). In Klammern: Anzahl der Bestimmungsschritte bis zum Ergebnis (bei C jeweils nur ein Schritt). Schraffiert: Baumarten mit zusammengesetzten Blättern.

Auch zwischen der Anzahl der Bestimmungsschritte (Abbildung 37, in Klammern hinter dem Baumnamen) und der Anzahl der Fehlbestimmungen war kein klarer Zusammenhang ersichtlich. Arten wie Ulme, Esche und Haselnuss scheinen schwieriger zu bestimmen zu sein als andere Baumarten, denn sie wurden insgesamt am häufigsten falsch bestimmt.

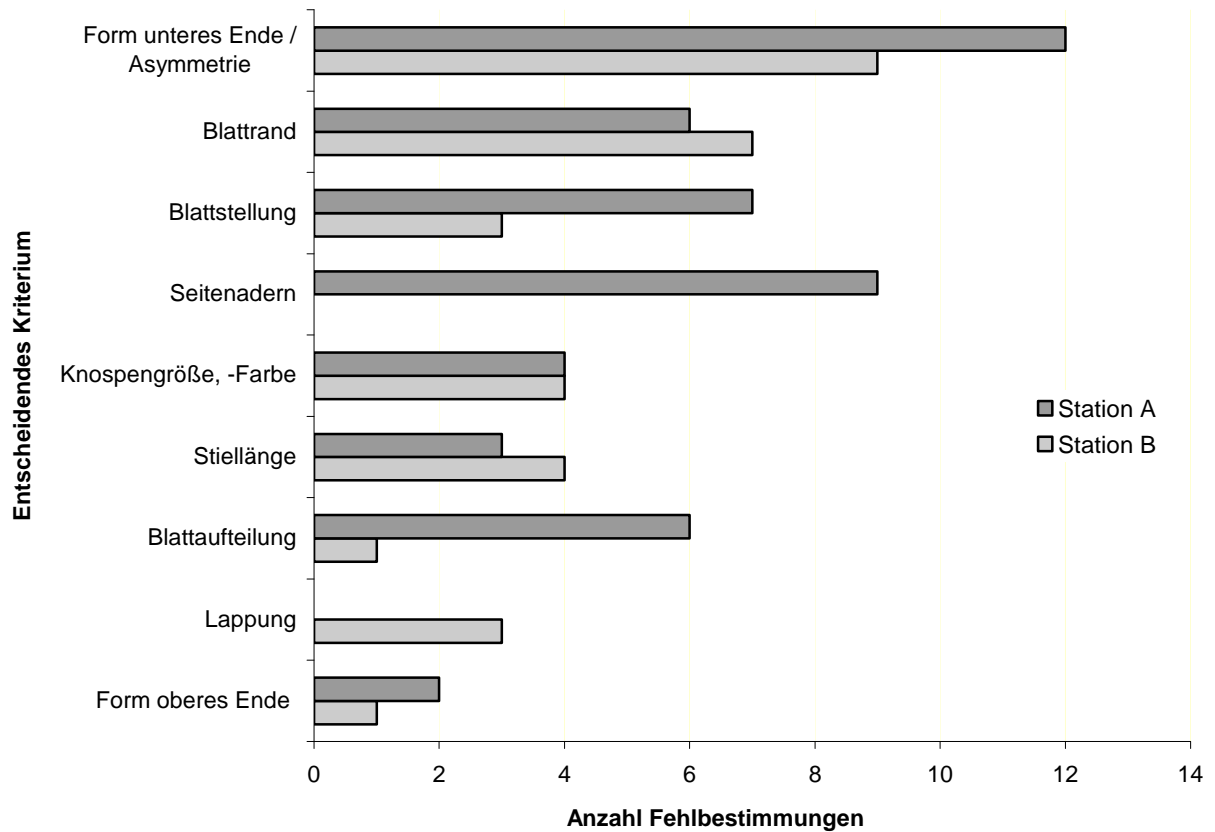


Abbildung 38: Anzahl der Fehlentscheidungen pro Bestimmungskriterium an Station A und B

Abbildung 38 zeigt, welche Kriterien der Bestimmungsschlüssel zu Fehlbestimmungen führten. Am häufigsten wurde die **Asymmetrie** bei Ulmenblättern nicht erkannt (Abbildung 38). Ulmenblätter sind in ihrer Form recht variabel und zeigen oft nicht die ausgeprägte Asymmetrie, wie sie im Bestimmungsschlüssel dargestellt ist (Abbildung 39).

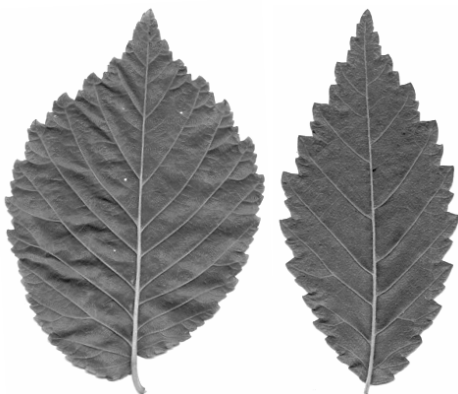


Abbildung 39: ein stark asymmetrisches (links) und ein wenig asymmetrisches Ulmenblatt (Quelle: eigene Darstellung)

Die *Blattaufteilung* (einfache oder zusammengesetzte Blätter) führte bei dichotomen Bestimmungsschlüsseln seltener zu Fehlbestimmungen. Beim Bild-Objekt-Vergleich (Station C)

wurden dagegen 17mal gefiederte Blätter und einfache Blätter verwechselt. Das Kriterium *Seitenadern* spielte nur an Station A eine Rolle, da es im Bestimmungsschlüssel an Station B nicht vorkam. Es scheint neben dem Kriterium *Asymmetrie* besonders schwierig zu erkennen zu sein.

Die Merkmale, die vor dem Bestimmen erklärt wurden (*Blattstellung* und *Blattaufteilung*) führten bei Station A zu mehr Fehlbestimmungen als bei Station B. Möglicherweise hatten die Kinder von Station A aufgrund eines gefühlten Zeitdrucks weniger sorgfältig gearbeitet.

Motivation

Im Anschluss an die Bestimmungsübungen sollten die Schülerinnen und Schüler einer 3. Klasse (N=23) und einer 6. Klasse (N=18) aufschreiben, wie ihnen die Bestimmungsübungen gefallen hatten. Die Grundeinschätzung war fast durchgehend positiv. Ein Teil der Kinder spezifizierte genauer, welche Aspekte ihnen gut oder nicht gut gefallen hatten.

Beschäftigung mit Bäumen, Bestimmen

19mal wurden Tätigkeiten wie Sammeln, das Suchen der Bäume und Bestimmen der Blätter genannt, also Tätigkeiten, die mit der Auseinandersetzung mit den Bäumen zu tun hatten.

"Gut gefallen" bzw. "Spaß gemacht" hat den Kindern der 3. Klasse, "dass wir gucken mussten, wie die Blätter heißen", "die Blätter kennen zu lernen", "dass wir neue Bäume und Blätter gesehen haben". Sie bezeichnen das Bestimmen als: "Bäume bestimmen", "Bäume kennen lernen", "Rätsel", "Sammeln", "Suchen", "Blätter kontrollieren".

Ausgewählte Zitate aus der Klassenstufe 6:

„Das Bestimmen der Baumarten mit dem Bestimmungsschlüssel hat gut geklappt und hat Spaß gemacht.“

„Manche kannte ich schon, aber bei anderen war ich echt verwundert, dass ich die Blätter und die Namen kannte aber nicht wusste, welche Blätter zu welchem Namen gehören.“

„Das Bestimmen hat gut geklappt. Man hat die Bäume mit den Nummern anhand des Lageplans gut gefunden. Mit dem Bestimmungsschlüssel hat es gut geklappt, und es hat Spaß gemacht.“

„Der Bestimmungsschlüssel hat sehr geholfen, und es hat viel Spaß gemacht.“

„Ich fand das Computerprogramm sehr gut. Manche Bäume kannte ich schon aber das war OK.“

Umgang mit dem Computer

Die Möglichkeit, mit Laptops (Computer, Touchscreen-Computer) zu arbeiten, kam bei den Kindern sehr gut an. Elf Nennungen bezogen sich auf diesen Aspekt (6x Klasse 3, 5x Klasse 6). Außerdem war nach Aussagen der 6. Klasse das Bestimmen am Computer einfach gewesen.

Wald / außerschulischer Lernort / ungewohnte Unterrichtssituation

An dritter Stelle kam der Aspekt des außerschulischen Unterrichts im Wald (9 Nennungen). Es war schön "hier", „im Naturschutzzentrum“, „im Wald“, „im Freien“, „nicht drinnen".

Ausgewählte Zitate aus der Klassenstufe 6:

„Mir hat es gefallen, das wir etwas Interessanteres gemacht haben als normalen Unterricht.“

„Es war sehr abwechslungsreich, dass wir das Bestimmen nicht nur (wie in Bio) in der Theorie lernten, sondern auch in der Praxis (draußen) umsetzen konnten.“

So sehr der außerschulische Lernort Wald und der Unterricht im Freien gelobt wurde, war er auch Anlass zur Klage. Am Tag der Bestimmungsübung einer 3. Klasse gab es sehr viele Stechmücken, und entsprechend gaben fünf Kinder der Klassenstufe 3 an, dass die "Schnakenstiche" nicht gut gewesen seien. Außerdem schienen sich zwei Schüler an Brennnesseln genesselt („gezenelt“ / „gewängelt“) zu haben.

Erfolgs erlebnis / Erkenntnisgewinn

Die meisten Gruppen gaben an, zufrieden mit ihrem Ergebnis zu sein. Oft war die Zufriedenheit direkt darauf bezogen, dass sie wenig Fehler gemacht hatten. Doch auch, "dass ich jetzt etwas Neues weiß" und "jetzt wissen wir sehr viel mehr über Bäume und Sträucher" wurde genannt.

Zeitmessung

„Dass die Zeit gemessen wurde; da hat man immer das Gefühl gehabt die anderen können das besser“, beklagte sich eine Sechstklässlerin (Station B). Man würde unter Zeitdruck zu viele Fehler machen, meinte eine andere. "Ich fand es überhaupt nicht gut dass alles nach Zeit gemacht wurde, denn wenn man alles so schnell machen muss dann hat man die Hälfte falsch!" (Station A). Dass die Kinder zu Beginn der Veranstaltung gebeten wurden, sich viel Zeit zu lassen und nicht auf die Uhren zu achten, da die Zeitnahme nur für die Studie sei, überzeugte offensichtlich nicht.

Von Station C, an der die Schülerinnen und Schüler am wenigsten Zeit für die Bestimmung brauchten, gab es eine positive Rückmeldung zur Zeitmessung: "Es hat sehr viel Spaß gemacht, denn es ging um Zeit".

Unterschiedliche Bestimmungsschlüssel

Dass an den Stationen A, B und C unterschiedliche Varianten der Bestimmungshilfe verwendet wurden, blieb den Kindern nicht verborgen und wurde fünfmal negativ vermerkt. Zwar benötigten die Schülerinnen und Schüler an Station A mehr Zeit; doch eine Schülerin von Station B (Klasse 6, Gymnasium) beneidete die Station A gerade um den „großen Schlüssel“.

3.5 Diskussion

Die Evaluation zeigt, in welcher Hinsicht bei der Entwicklung der Bestimmungshilfe das Ziel erreicht wurde, ein für Kinder verständliches, ansprechendes und gut handhabbares Material zu entwickeln, das im Unterricht gut einsetzbar ist. Sie deckt aber auch Schwächen auf und gibt damit Anregungen, wie das Material verbessert werden kann und welche Aspekte bei Neuentwicklungen zu beachten sind.

3.5.1 Erreichbarkeit der Zielgruppen

Informationsquelle

Die starke Verbreitung der Bestimmungshilfe über Suchmaschinen und über persönliche Empfehlungen zeigt eine hohe Nachfrage nach einer kindgerechten Bestimmungshilfe für Bäume und eine hohe Zufriedenheit der Nutzerinnen und Nutzer. Die Informationskampagne beschleunigte zumindest zu Anfang die Bekanntmachung des Angebots. Die daraus resultierenden Verweise, die immer noch im Internet vorhanden sind (z.B. lehreronline.de, zum.de), könnten nach wie vor für viele Treffer über Suchmaschinen verantwortlich sein. Oft wurde jedoch mit Hilfe von Suchmaschinen gezielt nach Angeboten für die Baumbestimmung gesucht. Eine aufwendige Werbung erübrigt sich also, sofern der Bedarf tatsächlich vorhanden ist. Die hohen Zugriffs- und Anmeldezahlen sprechen für sich.

Zusammensetzung der Gruppe der Nutzerinnen und Nutzer

Unter den Nutzerinnen und Nutzern sind sehr unterschiedliche Alters- und Berufsgruppen vorhanden, doch in erster Linie handelt es sich um die erwartete und primär angesprochene

Klientel: Lehrkräfte, von denen die meisten in der Primarstufe und/oder der Sekundarstufe I unterrichten. Bei Veröffentlichung der Bestimmungshilfe wurde angenommen, dass sich vor allem Erwachsene anmelden, um den (individualisierten oder vollständigen) Bestimmungsschlüssel an Schülerinnen und Schüler weiterzugeben und mit ihnen anzuwenden. Daher richtet sich das Internetportal an Erwachsene, vor allem Lehrkräfte, nicht aber an Kinder. Nun zeigte sich, dass immerhin etwa 15 % der angemeldeten Personen Schülerinnen und Schüler sind. Das Internetportal eines für Kinder und Jugendliche entwickelten Angebots sollte daher auch diese Zielgruppe direkt ansprechen.

Geographische Verbreitung

Ausgelöst durch die Informationskampagne kam es zu einem Nutzungsschwerpunkt in Baden-Württemberg, doch hat sich die Bestimmungshilfe mittlerweile bundesweit und im geringen Maß auch international verbreitet. Anmeldungen aus anderen Staaten kamen meist aus dem deutschsprachigen Ausland oder von im Ausland lebenden Deutschen sowie Lehrenden und Lernenden an deutschen Schulen. Das Angebot anderer Sprachen - Englisch, Französisch, eventuell sogar Spanisch - könnte zu einer noch weiteren Verbreitung führen.

Fraglich ist jedoch, wieweit die Nutzung eines Bestimmungsschlüssels, der auf der Baumvegetation Deutschlands bzw. Mitteleuropas basiert, für andere Gegenden der Welt sinnvoll ist. Da hinsichtlich der angepflanzten Baumarten eine gewisse Globalisierung erkennbar ist und viele unserer Straßen- und Parkbäume aus Asien oder Nordamerika stammen (Gartenbauamt Karlsruhe 1998), dürfte eine Übertragung auf die gemäßigte Zone anderer Kontinente weniger problematisch sein als beispielsweise auf Südeuropa. Denkbar wäre auch, noch mehr Baumarten aufzunehmen, um die Nutzbarkeit der Bestimmungshilfe zu erweitern. Da der Bestimmungsschlüssel sich in seiner Artenzahl sekundär wieder reduzieren lässt, würde eine solche Erweiterung der Baumarten die Anwendbarkeit im Unterricht nicht beeinträchtigen.

3.5.2 Aufgabenangemessenheit

Zusammensetzung der Zielgruppe

Da sich bei „Eikes Baumschule“ hauptsächlich Lehrkräfte anmeldeten, wurde die Bestimmungshilfe vor allem in Schulklassen eingesetzt. Die erste Runde der Befragung zeigte, dass als Zielgruppe vor allem Klassen der Primarstufe, gefolgt von Klassen der Stufen 5 und 6 vorgesehen waren. In der zweiten Befragungsrunde fiel das Ergebnis ähnlich aus, mit einer leichten Verschiebung von der Primarstufe hin zu Klassenstufe 5 und 6. Dieses Ergebnis war

insofern zu erwarten, da in diesen Klassenstufen die Themen Wald, Bäume und Bestimmungshilfen Unterrichtsinhalt sind (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004). Es ist daher wichtig, die Eignung einer kindgerechten Laubbaum-Bestimmungshilfe sowohl für die Primarstufe als auch für die Sekundarstufe I zu beurteilen.

Die Nutzung durch Kinder vor dem Lesealter sowie durch Erwachsene in Studium und Berufsausbildung zeigt die große Bandbreite der Zielgruppe, zu der auch Kindergartenkinder und Schülerinnen und Schüler einer Schule für geistig Behinderte gehörten.

Unterrichtseignung

Im Praxistest zeigte sich, dass bereits Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse mit dem Bestimmungsschlüssel sehr gut umgehen können und vor allem ein verkürzter Bestimmungsschlüssel gut für den Einsatz in einer Unterrichtsstunde geeignet ist. Die Kinder kamen im Praxistest beim Bestimmen mit einer hohen Trefferquote schnell zum Ziel und beurteilten die Bestimmung der Bäume am Computer als „einfach“. Sie erlebten Selbstwirksamkeit und Kompetenz, die zusammen mit dem Wettbewerbscharakter der Bestimmungsübungen motivierend wirkte (vgl. Krapp & Ryan 2002).

Auch Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse (Gymnasium) waren nicht unterfordert und vor allem durch die Faktoren Computeranwendung (vgl. Weidenmann 2001), außerschulischer Lernort (vgl. Mayer 2006) und Praxisbezug hoch motiviert.

Ein an die zu bestimmende Baumartenauswahl angepasster Bestimmungsschlüssel (Station B) erwies sich als geeigneter für den Unterricht als der gesamte Bestimmungsschlüssel (Station A). Die Kinder standen weniger unter Zeitdruck und machten vor allem aus diesem Grund weniger Fehler, aber auch, weil bei dem langen Schlüssel mehr Kriterien abgefragt wurden, die zu Fehlern führen können. Die Bestimmung durch Objekt-Bild-Vergleich (Station C) brachte nur einen leichten zeitlichen Vorteil und eine ähnliche Fehlerquote wie an Station B.

Kompetenzerwerb

Bei eingeschränkter Baumartenauswahl zeigte sich bezüglich der Handhabbarkeit kein Vorteil des dichotomen Bestimmungswegs gegenüber dem Objekt-Bild-Vergleich. Die wiederholte Abfrage von Unterscheidungskriterien in einem dichotomen Bestimmungsschlüssel könnte jedoch zum Kompetenzerwerb beitragen. In Teil III wird eine explorative Studie vorgestellt, die dieser Frage nachgeht.

3.5.3 Selbstbeschreibungsfähigkeit

Nutzungsebene

Der Bestimmungsschlüssel-Bausatz bietet ein hohes Maß an Flexibilität, erfordert dafür jedoch einiges an Aufmerksamkeit, Erfahrung im Umgang mit dem Computer und Kenntnisse von den Baumarten. Die wichtigsten Funktionen werden auf der Webseite beschrieben. Da bereits sehr viele Personen diesen Service genutzt und individuelle Bestimmungsschlüssel zusammengestellt haben, ist davon auszugehen, dass die Instruktionen verständlich sind. Einzelne Anfragen zeigen jedoch auch Missverständnisse auf. So wurde zum Beispiel nach

- einer "Bestimmungseinheit" auf CD
- Reduzierung der Komplexität durch Trennung von Bäumen und Sträuchern
- einem Kopiersatz der wichtigsten Bäume für den Schulgebrauch
- einer Druckversion, höchstens DIN-A6

gefragt. All dies können die Nutzerinnen und Nutzer mithilfe des Bestimmungsschlüssel-Bausatzes selbst durchführen und sich entsprechendes Unterrichtsmaterial erstellen und herunterladen. Möglicherweise sind sie gerade durch die Auswahl der Baumarten überfordert, die für ihren Unterricht relevant sind und suchen statt selbst erstellter 'Maßanfertigungen' eine Standard-Lösung 'von der Stange'. Hier könnten Schritt-für-Schritt-Anleitungen und Unterrichtsvorschläge, die auf der Webseite zur Verfügung gestellt werden, hilfreich sein.

Manche Baumarten werden in der Baumliste nicht gefunden, weil sie unter einem anderen Namen als dem verwendeten gesucht werden. Typische Beispiele sind die Hängebirke, die unter 'Weißbirke' gesucht wird, oder die Vogelbeere, die als 'Eberesche' erwartet wird. Daher sollten in der alphabetischen Baumliste die Baumarten mit deutschen Synonymen und am besten auch mit lateinischen Namen geführt werden. Beides wurde in der Befragung gewünscht.

Anwendungsebene

Die Kinder begriffen im Praxistest sehr schnell das Prinzip der Bestimmungshilfe, was auch auf die in der Befragung als einfach beurteilte Navigation zurückzuführen ist. Die Computernutzung im Unterricht ist mittlerweile so weit verbreitet (Sekretariat der Kultusministerkonferenz 2008), dass Schülerinnen und Schüler mit den grundlegenden Funktionen von Computer und Internetseiten vertraut sind. Kleine, gleichförmige Piktogramme (Weidenmann 1994) werden als Schaltflächen erkannt. Die Befragung ergab, dass die meisten Personen die Schaltflächen als

selbsterklärend empfanden. In Bestimmungsübungen zeigte sich, dass manche Kinder zwar den Sinn der Schaltfläche *Nutzung*, die durch einen Stuhl illustriert ist, nicht verstanden. Durch Öffnen der betreffenden Seite fanden sie jedoch schnell heraus, worum es sich handelte.

In Bezug auf Bäume sind bei den Kindern schon einige Vorkenntnisse vorhanden, zumal die Themen Wald und Baumarten Teil der Bildungspläne in der Grundschule sind (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004). Dennoch ist eine fachliche Einführung zu manchen Bestimmungskriterien unbedingt notwendig. Diese kann im vorbereitenden Unterricht erfolgen. Da ein Teil der Kinder den Bestimmungsschlüssel privat nutzt, wäre es sinnvoll, eine Übungseinheit zum Kennen Lernen der Blattmorphologie als Vorbereitung für Bestimmungsübungen zu entwickeln.

Die Gestaltung des Bestimmungswegs mit farbigen Markierungen in Texten und Bildern erleichtert es, Abbildungen und Texte in Bezug zueinander zu setzen (Weidenmann 1994). Ihr Fehlen im Schwarzweiß-Druck wurde entsprechend als Mangel empfunden. Auf der anderen Seite führte sie nach Angaben einer Lehrerin zu Missverständnissen bei ihrer Klasse. Anscheinend war den Kindern nicht klar, dass nur Wörter farbig hervorgehoben sind, die mit einer entsprechend gefärbten Markierung in der Abbildung korrespondieren. Vielmehr wurde erwartet, dass alle Wörter derselben Kategorie immer in derselben Farbe erscheinen. Eine Erläuterung der Markierungen könnte hier Missverständnissen vorbeugen.

Auch die erste Seite der Baumbeschreibungen, der „Steckbrief“, führte bei einer anderen Klasse zu Missverständnissen. Der Steckbrief fasst die wichtigsten Eigenschaften des Baums zusammen, die anschließend auf den Folgeseiten genauer beschrieben werden (vgl. auch Kapitel 2.6.2). Die Schülerinnen und Schüler einer Klasse waren verwirrt, dass Beschreibungen der Blätter sowohl auf der Steckbriefseite als auch auf der Seite über die Blattmorphologie erschienen. Eine Information über den Aufbau der Baumbeschreibungen wäre daher sinnvoll.

Zusatzelemente zur Verbesserung der Selbstbeschreibung

Die Nutzerinnen und Nutzer wurden im Fragebogen um ihre Meinung zu verschiedenen Zusatzfunktionen, die die Selbstbeschreibung des Programms erhöhen sollten, gebeten. Dazu gehörten Hilfefenster, die sich über einen Hyperlink im Bestimmungsweg öffnen lassen, und ein Glossar, das die Fachbegriffe erklärt. Solche Funktionen können bei der Freiarbeit oder zu Hause Lehrpersonen oder Tutoren, die unbekannte Begriffe erklären, ersetzen. Man könnte annehmen, dass es eher Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe sind, die selbständig mit der Bestimmungshilfe arbeiten, und entsprechend in der Primarstufe Elemente wie Glossar und Hilfefenster nicht so stark gefragt sind. Bei den Hilfefenstern war dies tatsächlich der Fall. Ein

weiterer Grund für diese geringere Attraktivität von Hilfefenster in der Primarstufe könnte sein, dass sie zwar eine schnelle Hilfe bei Verständnisproblemen anbieten, jedoch vom eigentlichen Bestimmungsvorgang ablenken und verwirren können, was in diesem Fall den '*Extraneous Load*' (Niegemann et al. 2008) erhöhen würde. Der Wunsch nach einem Glossar war dagegen in der Primarstufe stärker als in der Sekundarstufe. Das Glossar hatte unter den Zusatzfunktionen für die Lehrenden in der Primarstufe sogar die höchste Priorität. Da es sich bei den verwendeten Fachbegriffen um deutsche Begriffe handelt, die oft der Alltagssprache entstammen, ist es naheliegend, dass ein Glossar bei erfahrenen Anwenderinnen und Anwendern als weniger nötig erachtet wird.

3.5.4 Steuerbarkeit

Navigation im Bestimmungsweg

Die Struktur des dichotomen Bestimmungswegs, kombiniert mit Verknüpfungen der einzelnen Schritte durch Hyperlinks und der 'Zurück'-Funktion des Browsers führt zu einer klaren, zielgerichteten Navigation - sofern man beim Bestimmen keine Fehler macht und wirklich bei der zu bestimmenden Baumart landet (vgl. Walter & Winterton 2007). Wichtig ist daher die Hilfestellung im Fall der Fehlbestimmung. Der Hinweis, dass in diesem Fall ein Neustart über den 'Start'-Button oder ein Zurückverfolgen der Bestimmungsschritte möglich ist, wurde von den meisten Personen als hilfreich empfunden. Die Steuerbarkeit ließe sich noch verbessern, wenn die Anwenderinnen und Anwender an Stellen im Bestimmungsweg, an denen sie unsicher sind, Lesezeichen anlegen könnten. Im Fall einer Fehlbestimmung könnten sie dann direkt dorthin zurückkehren.

Artenliste und Suchfunktion für den direkten Zugriff auf Informationen

Der Bestimmungsschlüssel lässt sich auch wie ein Baumlexikon nutzen, indem man über eine alphabetisch geordnete Artenliste direkt auf die Baumart zugreift. Diese Artenliste ist nur online verfügbar. Ließe sich diese Artenliste zusammen mit den Baumbeschreibungen herunterladen, könnte man das Baumlexikon auch offline verwenden, zum Beispiel auf einem Laptop oder anderen mobilen Geräten im Gelände. Da Baumbeschreibungen ohne Bestimmungsschlüssel vor allem von Lehrkräften in der Primarstufe eingesetzt wurden, wäre zu erwarten, dass die Baumliste in erster Linie von ihnen gewünscht würde. Tatsächlich wurde die Baumliste etwas stärker von Lehrkräften der Primarstufe als der Sekundarstufe gewünscht. Überraschenderweise wurde sie jedoch vor allem für Erwachsenengruppen nachgefragt.

Auch eine Suchfunktion, über die Begriffe in den Baumbeschreibungen gefunden werden können, ermöglicht einen direkten Zugriff auf die Informationen. Ihre Benutzung setzt Erfahrungen mit dem Computer und Vorkenntnisse mit Bäumen voraus. Sie dient zum Beispiel der Ausführung von konkreten Arbeitsaufträgen wie etwa dem Auffinden von Wildobst oder Bäumen mit einhäusiger Blütenverteilung. Solche Arbeitsaufträge machen eher in höheren Klassenstufen Sinn. Daher ist es naheliegend, dass die Suchfunktion stärker für Zielgruppen in der Sekundarstufe als in der Primarstufe favorisiert wurde.

3.5.5 Erwartungskonformität

Vorkenntnisse und Vorerfahrungen

Die Bestimmungshilfe ist für Personen konzipiert, die noch keine Erfahrungen mit Bestimmungshilfen gemacht haben, aber schon basale Vorkenntnisse in Bezug auf die Morphologie von Laubbäumen besitzen. Tatsächlich waren in der Primar- und auch in der Sekundarstufe nur wenige Vorerfahrungen mit Bestimmungshilfen vorhanden, wohingegen die Themen „Bäume“ und „Wald“ schon in der Primarstufe in den meisten Klassen behandelt worden waren. Obwohl bei den Erwachsenen überwiegend Erfahrungen mit Bestimmungshilfen vorhanden waren, zeigten die hohe Nachfrage und die guten Beurteilungen, dass der Bestimmungsschlüssel auch den Erwartungen von erfahrenen Anwenderinnen und Anwendern entsprach.

Altersgemäße Gestaltung

Die Evaluation sollte auch zeigen, welchen Anklang Gestaltungselemente finden, die speziell für Grundschul Kinder gedacht sind. Die Abbildungen wurden im Allgemeinen als sehr gut bis gut beurteilt, und die Schaltflächen waren nach Ansicht der meisten Befragten nicht zu kindlich gestaltet. Das Gestaltungselement aber, das am stärksten auf Grundschul Kinder ausgerichtet ist, d.h. die Abbildung des Eichhörnchens Eike, ließ die Meinungen auseinander gehen. Erwartungsgemäß kam es in der Primarstufe am besten an. Hier gab es kaum Änderungswünsche und fast die Hälfte der Befragten war der Meinung, dass die Akzeptanz der Bestimmungshilfe bei der Zielgruppe durch das Eichhörnchen gesteigert wird, was dafür spricht, dass diese Figur tatsächlich die affektiv-motivationale Funktion (Weidenmann 1994) erfüllt, die von ihr erwartet wird. Eine Verringerung der Akzeptanz nahm hier niemand an. In der Sekundarstufe sah es bereits anders aus. Fast ein Drittel der Lehrenden wünschte sich, das Eichhörnchen ausblenden zu können - und sei es nur, um Druckertinte zu sparen. Doch auch hier waren nur zwei Personen

der Meinung, dass das Eichhörnchen die Akzeptanz verringere. Um den Erwartungen entgegen zu kommen, wäre also die Option, das Eichhörnchen auszublenden, in Erwägung zu ziehen.

Konsistenz

Beim Layout und den Inhalten wurde auf Konsistenz großen Wert gelegt (vgl. Niegemann et al. 2008; Kapitel 2.1.4). Die Bestimmungsschritte sind kriterienstet (vgl. Hammann 2002), d.h. beide Alternativen thematisieren dasselbe Merkmal in unterschiedlichen Ausprägungen. Die Abbildungen sind einheitlich gestaltet, die Texte beider Merkmalsausprägungen ähnlich formuliert. Entsprechend leicht fiel es den Kindern, sich in die Bestimmungshilfe einzuarbeiten. Dennoch kann es sein, dass z.B. die unterschiedlich farbigen Textmarkierungen zu der Annahme führen, es sei keine Konsistenz gegeben (vgl. Kapitel 3.5.3). Eine gezielte Information vor der Anwendung könnte hier hilfreich sein.

Angebotene Baumarten

Die Befragten waren weitgehend zufrieden mit der Auswahl an Baumarten. Als fehlend wurden vor allem die Nadelbäume angesehen, für die inzwischen ein eigener Bestimmungsschlüssel im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit an der PH Karlsruhe realisiert wurde („Eikes Nadelbäume“, Risch 2006). Die angebotene Auswahl an Arten wurde ebenfalls gut angenommen. Sogar vergleichsweise seltene Parkbäume wie der Zürigelbaum kamen noch in drei Prozent der individuellen Bestimmungsschlüssel vor. Damit bestätigt sich die Relevanz der „Exoten“, die in anderen Baumbestimmungshilfen für Kinder oft fehlen.

3.5.6 Fehlerrobustheit

Fehler auf der Nutzungsebene

Um eine Datenbank-basierte Anwendung mit zunehmender Datenmenge reibungslos am Laufen zu halten, bedarf es einer regelmäßigen Wartung oder der Möglichkeit, bestimmte Prozesse, die sich als Fehlerquellen herausstellen, zu optimieren. Bei über 4000 angemeldeten Personen und über 2800 angelegten Profilen werden die Datenbanken groß und die Verwaltung wird entsprechend aufwendig. Bei dieser großen Zahl an Profilen ist es sehr schwierig, ein Profil wiederzufinden, zumal wenn die Liste nicht alphabetisch geordnet ist. Eine automatische alphabetische Sortierung könnte bereits helfen. Noch übersichtlicher würde die Liste durch konsequentes Aussortieren nicht benötigter oder nicht verwendeter Profile, was sich durch verschiedene Maßnahmen umsetzen ließe.

- 1) Schätzungsweise fünf bis zehn Prozent aller Profile sind nicht verkürzt, enthalten also alle Baumarten. Zwar gibt es ein vorgefertigtes Profil mit allen Baumarten, auf das die Nutzerinnen und Nutzer hingewiesen werden. Doch es kommt immer wieder vor, dass alle Baumarten als neues Profil gespeichert werden. Folgende Lösungen wären denkbar:
 - a) Sobald alle Baumarten ausgewählt sind, lässt sich das Profil nicht speichern.
Problem: In diesem Fall werden einige Personen vermutlich eine wenig bekannte Baumart (z.B. den Zürgelbaum) deaktivieren und ein Profil mit alle-1 Baumarten speichern.
 - b) Profile mit allen Baumarten werden von Zeit zu Zeit automatisch aus der Datenbank gelöscht.
 - c) Bei Auswahl aller Arten wird das vorgefertigte Profil zum Download angeboten.
- 2) Die hohe Nachfrage nach einzelnen Baumbeschreibungen spricht dafür, ihren direkten Download anzubieten. So ließen sich die vielen Profile mit einer oder zwei Baumarten vermeiden.
- 3) Um zu vermeiden, dass sich alte, nicht mehr benötigte Profile anhäufen, könnte man
 - a) das Datum der Profilerstellung erfassen und die Profile nach einer gewissen Zeit automatisch löschen. Damit verärgert man jedoch diejenigen, die auch nach der festgesetzten Zeit mit ihrem Profil arbeiten wollen.
 - b) den Zugriff auf die Profile erfassen und alle Profile löschen, auf die seit einer definierten Zeit nicht mehr zugegriffen worden war.
 - c) eine Funktion einbauen, die es erlaubt, die eigenen Profile wieder zu löschen. In diesem Fall ist man zwar von der Mitarbeit der Nutzerinnen und Nutzer abhängig, doch könnte es funktionieren, denn sie würden ja von einer kürzeren und übersichtlicheren Profilliste profitieren.

Fehler auf der Anwendungsebene

Im Praxistest kamen die Kinder in etwa 20-30 % der Bestimmungen zum falschen Ergebnis, was zum Teil durch die wettbewerbsähnliche Situation bedingt sein könnte, in die sie sich versetzt fühlten, und die sie veranlasste, möglichst schnell zu bestimmen. Teilweise kam es zu Bestimmungszeiten unter 15 Sekunden bei einem Baum. Es gab jedoch auch Unterscheidungskriterien, die häufiger zu Fehlern führten als andere, zum Beispiel die Blattstellung und die Aufteilung der Blätter, die beide nicht erkennbar sind, wenn nur ein

einzelnes Blatt oder Fiederblättchen vorhanden ist. Voraussetzung sind daher Sorgfalt bei der Anwendung und das zur Verfügung Stehen eines Zweiges oder eines ganzen gefiederten Blattes. Informationsmaterial auf der Internetseite könnte dazu sensibilisieren, genauer hinzusehen bzw. bei Nichtverfügbarkeit der benötigten Materialien beide Bestimmungswege in Betracht zu ziehen.

Bei anderen Kriterien liegt die Fehleranfälligkeit an einer zu großen Variabilität der Merkmalsausprägungen. Die Asymmetrie von Ulmenblättern ist oft nicht so ausgeprägt wie im Bestimmungsschlüssel dargestellt. Dieser Bestimmungsschritt sollte unbedingt durch ein weiteres Merkmal ergänzt werden. Denkbar ist hier die charakteristische doppelte Blattform der Ulmenblätter (vgl. Kapitel 4.4.2). Zu Fehlern führten auch die Kriterien „unteres Blattende“, „Blattrand“ und „Verlauf der Seitenadern“. Letzteres führte erstaunlicherweise an Station A nur bei gefiederten Blättern zu Fehlbestimmungen. Möglicherweise wurde die Mittelrippe der Fiederblätter bereits als Seitenader angesehen. Es ist deshalb sinnvoll, Text und Illustration dieses Kriteriums zu überarbeiten.

3.5.7 Individualisierbarkeit

Nutzung des Bestimmungsschlüssel-Bausatzes

Das Merkmal, das die Bestimmungshilfe „Eikes Baumschule“ von allen anderen abhebt, ist der Bestimmungsbausatz, mit dem sich individuelle Bestimmungsschlüssel zusammenstellen lassen. Die hohen Anmeldezahlen und die große Anzahl individueller Bestimmungsschlüssel zeigen die hohe Nachfrage nach dieser Möglichkeit der Individualisierbarkeit. Dass 'nur' knapp die Hälfte der angemeldeten Personen individuelle Bestimmungsschlüssel angelegt hat, erscheint zunächst wenig. Angesichts der hohen Anmeldezahlen handelt es sich dabei jedoch mittlerweile um mehr als zweitausend angemeldete Personen mit individuellen Bestimmungsschlüsseln. In Schulklassen wurden mehr individualisierte Bestimmungsschlüssel als der gesamte Bestimmungsschlüssel eingesetzt. Lehrkräfte in der Primarstufe nutzten außerdem häufig einzelne Baumbeschreibungen ohne Bestimmungsschlüssel, was auf die Ansicht, dass Bestimmungsschlüssel für Grundschulkinder noch zu schwierig anzuwenden sind, zurückzuführen sein könnte. Entsprechend gibt es auf dem Buchmarkt viele Naturführer für Kinder mit Beschreibungen der Tier- und Pflanzenarten, aber kaum richtige Bestimmungsschlüssel, obwohl schon Flämig & Vogt (1998) gezeigt haben, dass Grundschulkinder sehr gut mit dichotomen Bestimmungsschlüsseln umgehen können.

Einflüsse auf die Baumartenauswahl

Individuelle Bestimmungsschlüssel sind also sehr gefragt. Doch wie individuell sind sie tatsächlich? Manche Baumarten wurden häufiger ausgewählt als andere. Standortheimische Laubbäume und einzelne standortfremde Arten, die schon seit sehr langer Zeit in unseren Städten angepflanzt und daher nicht als 'Exoten' wahrgenommen werden, standen dabei an erster Stelle. An zweiter Stelle wurden heimische Arten, die oft als Großsträucher wachsen, und erst an dritter Stelle standortfremde Park- und Straßen-Bäume ausgewählt. Anhand dieser Auswahl lässt sich nachvollziehen, wodurch Lehrkräfte in ihrer Artenauswahl beeinflusst werden.

Als wichtigstes Thema, das den Unterrichtsrahmen für die Baumbestimmung bildet, wurde von den Befragten das Thema 'Wald' genannt, noch vor dem Thema 'Bäume'. Entsprechend wurden auch hauptsächlich standortheimische Waldbäume ausgewählt. Es ist das Thema aus den Bildungsstandards Baden-Württembergs, in das sich die Baumbestimmung in der Primarstufe am besten einordnen lässt, während in der Sekundarstufe eher Formenvielfalt und Bestimmung von Bäumen thematisiert werden (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004). Dennoch fand die Bestimmung seltener als beabsichtigt im Wald und häufiger auf dem Schulgelände statt. Die Bestimmung wurde dreimal so häufig im Ort (auf dem Schulgelände und im Park, Garten oder Ortsteil) durchgeführt wie im Wald. Die Zusammensetzung der Baumarten in Karlsruhe (Gartenbauamt Karlsruhe 1998) zeigt den Stellenwert von 'Exoten' wie Blauglockenbaum, Perlschnurbaum oder Götterbaum im innerörtlichen Bereich. Sie haben zwar eine geringere Häufigkeit als Gattungen wie Ahorn, Hainbuche oder Kirsche, doch handelt es sich bei ihnen um auffällige große Bäume, während Hainbuchen und viele Ahorn- und Kirsch-Arten oft auch als Hecken, Sträucher oder kleine Garten-Zierbäumchen wachsen.

Wer in der Stadt Bäume bestimmt, wird daher mit 'Exoten' konfrontiert. Dennoch liegt beispielsweise der Perlschnurbaum bei Lehrkräften auf dem vorletzten Rang (vgl. Tabelle 15), während es in Karlsruhe über 600 Exemplare gibt (Gartenbauamt Karlsruhe 1998). Ähnlich verhält es sich mit der Gleditschie und dem Götterbaum. Möglicherweise sind diese Baumarten in anderen Städten seltener oder Schulgelände vor allem mit heimischen Baumarten bepflanzt. Es ist aber auch denkbar, dass Lehrkräfte in ihrer Auswahl durch ihre eigene Ausbildung und durch Unterrichtsmaterialien geprägt sind. Wir schätzen nur, was wir kennen - und entsprechend vermitteln wir nur weiter, was wir kennen. Heimischen (und etablierten) Baumarten wird für die Vermittlung im Schulunterricht eine höhere Relevanz zugeordnet (vgl. Kapitel 2.2.2), entsprechend sind es auch diese Baumarten, die Lehrkräfte selbst aus Schulzeit und Studium

kennen. Unbekannte standortfremde Baumarten werden von ihnen in dieses Schema eingeordnet (vgl. Kapitel 2.1.6).

Da standortheimische Arten ökologisch wertvoller sind (Kennedy & Southwood 1984; vgl. Kapitel 2.1.6), ist es richtig, ihnen bei der Vermittlung von Formenkenntnissen eine höhere Priorität zuzuordnen. Es ist jedoch wichtig, auch die eingeführten Baumarten zu thematisieren. Zum einen gehören sie zur Lebenswelt der Kinder und sind oft, wie Blauglockenbaum, Trompetenbaum, Amberbaum und Tulpenbaum, aufgrund ihrer auffälligen Farben und Blüten- und Blattformen für Kinder besonders interessant (Scherf 1988; Lindemann-Matthies 2010). Zum anderen können die Kinder nur so lernen, standortfremde Baumarten von einheimischen zu unterscheiden.

Flexibilität

Hinsichtlich der verwendeten Technik bietet die Bestimmungshilfe eine größere Bandbreite als viele andere Bestimmungsmaterialien, die auf dem Markt verfügbar sind. Zwar wurde das Angebot primär für die Anwendung am Computer entwickelt. Doch ist die Ausgabe der Druckversion eine wichtige Alternative, die in der Grundschule sogar häufiger ausgewählt wurde als die Anwendung am Computer. Eine mangelnde Ausstattung mit PCs konnte nicht der Grund dafür sein (vgl. Sekretariat der Kultusministerkonferenz 2008), und auch an der Bestimmung im Freien konnte es nicht liegen, denn in der Primarstufe wurde etwas häufiger im Gebäude bestimmt als im Freien. Möglicherweise wird in der Grundschule bewusst die Zeit am Computer eingeschränkt. Auffällig ist, dass in allen Altersstufen Druckversionen parallel zur Computeranwendung eingesetzt werden. Dabei wurde der Schwarzweiß-Druck als gut anwendbar beurteilt, zum Teil aber bemängelt, dass sich die Grauwerte der farbigen Pfeile oder Wörter zu wenig vom Hintergrund abhoben. Als eine Lösung wurde ein heller Pfeil mit dunkler Kontur vorgeschlagen.

Es besteht also allgemein eine hohe Nachfrage sowohl nach der Computeranwendung als auch nach der Druckversion. Demnach ist es eine sinnvolle Strategie, bei der Entwicklung und Gestaltung eines Computerbestimmungsschlüssels auf eine einfache Übertragbarkeit in eine Druckversion zu achten. Als Konsequenz ist der dichotomen Form gegenüber der Datenbankabfrage der Vorzug zu geben und auf Elemente wie Animationen und gesprochenen Text zu verzichten, auch wenn letzterer durch zusätzliches Ansprechen des auditiven Kanals zu einer Verringerung der kognitiven Belastung führen kann (Mayer & Moreno 2003).

3.5.8 Lernförderlichkeit

Im Praxistest konnten die Schülerinnen und Schüler der 3. bis 6. Klasse mit dem Bestimmungsschlüssel nach einer kleinen Einführung sehr schnell selbständig arbeiten, was sich auch im geringen Zeitbedarf für die einzelnen Bestimmungen zeigte. In der zweiten Befragungsrunde zeigte sich, dass in der Primarstufe gut die Hälfte, in der Sekundarstufe sogar über zwei Drittel der Schulklassen oder Gruppen keine Einarbeitungszeit benötigten. Einarbeitungszeiten von mehr als einer Unterrichtsstunde kamen nur in Einzelfällen vor. Die Rückmeldung einer Förderschullehrerin, ihre Schülerinnen und Schüler könnten sehr gut mit dem Material umgehen, spricht ebenfalls für die Anwenderfreundlichkeit. Damit erfüllt die Bestimmungshilfe das Ziel, schnell und frühzeitig den Umgang mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel erlernen zu können.

Weiterhin verspricht man sich vom Umgang mit einer Bestimmungshilfe einen Zuwachs an Formenkenntnissen (vgl. Kapitel 1.4). Dazu bedarf es aber konkreter Arbeitsaufträge und der Sicherung des erworbenen Wissens. Ansonsten ist es von der eigenen Motivation abhängig, wie intensiv man sich mit den Baumbeschreibungen auseinandersetzt und wie viel Wissen 'hängen bleibt'. Wird beispielsweise in der Schule die Aufgabe gestellt, ein Laubblatt-Herbarium anzulegen oder besteht eine intrinsische Motivation (Krapp & Ryan 2002), beim Sammeln von Herbstlaub die Namen der Bäume zu erfahren, bedarf es oft keines weiteren Anreizes, sich mit der Bestimmung auseinanderzusetzen. In Bestimmungsübungen (Kapitel 4) konnte beobachtet werden, wie manche Schülerinnen und Schüler nach Bestimmung eines Baums von sich aus die Baumbeschreibung aufriefen und sie konzentriert Seite für Seite durchlasen oder besonders interessante Inhalte selektierten. Anderen hingegen fiel dies schwer. An dieser Stelle könnten konkrete Aufgabenstellungen und Lernspiele auf der Website das Angebot sinnvoll ergänzen. Der nächste Schritt wäre die Entwicklung einer kompletten Lernumgebung zum selbstregulierten Lernen (Niegemann et al. 2008). Sie enthält beispielsweise eine Rahmengeschichte, Anleitungen zur Durchführung der Bestimmung sowie Lernspiele zur Festigung des Wissens und bedient die Lehrschritte *Aufmerksamkeit gewinnen*, *Anleiten zum Umgang* und *Behalten und Transfer sichern* (Gagné et al. 1988; Kapitel 3.1), die im Unterricht normalerweise von der Lehrkraft ausgearbeitet werden.

Für die Entwicklung einer Lernumgebung am Computer spricht, dass die Bestimmungshilfe nicht nur im Unterricht, sondern auch in Freiarbeit zu Hause genutzt wird und die Arbeit mit dem nicht mehr ganz so neuen Medium Computer (Weidenmann 2001) im Praxistest auf die Kinder

nach wie vor sehr motivierend wirkte. Lernspiele wurden in der zweiten Befragungsrunde unter den vorgeschlagenen Zusatzfunktionen zwar als weniger wichtig, aber dennoch wünschenswert bewertet. Ob die Entwicklung einer vollständigen Lernumgebung von den Lehrkräften begrüßt würde oder ob es für den Unterricht sogar kontraproduktiv wäre, müsste durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Fraglich ist auch, ob das eigentliche Ziel, die Kinder durch die Computeranwendung zur Natur hin und nicht von der Natur weg zu bringen, dann immer noch erfüllt wäre.

Es bleibt die Frage, welche Kompetenzen durch den Umgang mit dichotomen Bestimmungsschlüsseln erworben werden. Ihre Flexibilität macht 'Eikes Baumschule' zu einem geeigneten Instrument für solche Forschungsansätze. In Teil III dieser Arbeit wird eine explorative Studie zur Untersuchung von Kompetenzerwerb durch Bestimmungsschlüssel vorgestellt.

4 Teil III: Kompetenzerwerb durch Bestimmungsschlüssel

Der Einsatz von Bestimmungsschlüsseln im Unterricht lässt sich mit Hinweisen auf die aktuelle Forschung in der Fachdidaktik und auf die geforderte Auseinandersetzung mit Formenvielfalt gut begründen. Ob die Lernenden tatsächlich vom Umgang mit Bestimmungsschlüsseln profitieren und welche Kompetenzen dadurch gefördert werden, ist weitgehend unerforscht. Der im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entwickelte Bestimmungsschlüssel eignet sich durch seine Flexibilität in idealer Weise als Instrument für die didaktische Forschung. Eine exemplarische Studie soll zeigen, wie der Kompetenzerwerb durch Bestimmungsschlüssel untersucht werden könnte, und Anregungen für weiterführende Studien geben.

4.1 Mit Begriffen und Metaphern zum kriteriengeleiteten Vergleichen

Schülerinnen und Schülern, die nicht im Umgang mit Unterscheidungskriterien geübt sind, fällt das wissenschaftliche Vergleichen und Ordnen von Organismen schwer. Hammann (2002) spricht hier von einer „kriterienunsteten“ Vorgehensweise. Kinder und Jugendliche neigten in seiner Untersuchung dazu, Tiere unterschiedlicher Arten nach verschiedenen Kriterien, zum Beispiel Lebensraum, Fortbewegung und Aussehen, zu ordnen, und sich nicht an ein Kriterium zu halten. Das kriteriengeleitete Vergleichen sieht Hammann allerdings als Voraussetzung für jede Art des Klassifizierens. Mit Klassifizierung ist die Einordnung von Organismen in ein System gemeint. Nach Köhnlein (1992) entsteht Ordnung durch Begriffe oder umgekehrt bezeichnet er Begriffsbildung als einen Prozess des Ordnen. Wenn man betrachten möchte, wie Kinder Organismen ordnen, ist es daher sinnvoll, das Augenmerk auf die verwendeten Begriffe zu richten. Graf (1989) definiert den Begriff als „eine kognitive Einheit, die rezipierte bzw. empfundene Ereignisse nach kritischen, d.h. gemeinsamen Attributen oder Abstraktionen davon sowie Regeln ihrer Verknüpfung zusammenfasst“ (Graf 1989, S. 12). Die Versprachlichung beruht also auf der Erfahrung, die mit einem Gegenstand oder Ereignis gemacht wurde und ist damit erfahrungsbasiert. Im Zusammenhang mit der *Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens* beschreibt Gropengießer (2002), dass gerade in wissenschaftlichen Zusammenhängen abstrakte Sachverhalte über Metaphern verstanden und sprachlich ausgedrückt werden.

4.1.1 Erkennen von Unterscheidungskriterien beim Vergleichen von Laubblättern

Während Kinder und Jugendliche Tiere nach dem Lebensraum und der Fortbewegungsart ordnen (Hammann 2002), vergleichen sie bei Pflanzen vorrangig deren Aussehen (Krüger & Burmester 2005). Diese Ausrichtung auf die Morphologie bietet nach Krüger & Burmester (2005) eine Möglichkeit, zum fachwissenschaftlichen Ordnen hinzuleiten, denn wissenschaftliche Bestimmungshilfen beruhen ebenfalls auf der Morphologie von Organismen. Die Autoren empfehlen daher, als erste Objekte beim systematischen und kriteriengeleiteten Vergleichen im Biologieunterricht Pflanzen einzusetzen.

Beim Vergleichen von Individuen im Zuge der Bestimmung geht es um die Entscheidung, ob ein Individuum einer Art zugehörig ist bzw. ob mehrere Individuen derselben Art oder unterschiedlichen Arten angehören. Werden beispielsweise Laubblätter verglichen, so gilt es zu entscheiden, ob ein morphologisches Merkmal als Unterscheidungskriterium geeignet ist oder nicht. Bei der Form des Blattrandes kann es sich um ein artspezifisches Merkmal handeln, während Unterschiede im Farbton der Blätter von den Wachstumsbedingungen des Baums abhängen können. Die Eignung von Kriterien wird von Kindern aufgrund ihrer Erfahrungen mit und Vorstellungen von der Morphologie der Laubblätter eingeschätzt. Wie erfolgreich Kinder beim Ordnen von Laubblättern sind, hängt daher stark davon ab, ob sie die Relevanz von Unterscheidungskriterien beurteilen können. Ein Bestimmungsschlüssel gibt möglicherweise andere Kriterien vor, als die Kinder von sich aus anwenden würden. Ihre Vorstellungen werden von der Bestimmungshilfe beeinflusst, wobei ihr Augenmerk in Richtung der fachlichen Konzepte und der Fachsprache gelenkt wird. Ob Kinder damit erfolgreich umgehen können, kann unter anderem davon abhängen, wie nachvollziehbar die in der Fachsprache verwendeten Metaphern für sie sind.

4.1.2 Die Metaphern der Fachsprache

In der Fachsprache werden Metaphern verwendet, um abstrakte Sachverhalte mit konkreten Bildern oder Begriffen besser erfassen zu können (Gropengießer 2007). Nun handelt es sich bei einem Baum und seinen Organen um etwas sehr Konkretes. Viele Begriffe der Baummorphologie sind Kindern bereits bekannt, da Bäume ein wichtiger Bestandteil ihrer Lebenswelt sind (vgl. Kapitel 1). Es handelt sich auch nicht um abstrakte Sachverhalte, was sich in der Tatsache widerspiegelt, dass Begriffe wie „Baum“ oder „Wurzel“ keine Metaphern

darstellen sondern im ursprünglichen Wortsinn verwendet werden. Andere sind reine Beschreibungen des Aussehens oder der Eigenschaften, wie zum Beispiel „Borke“ oder „Rinde“, was von rissig, rau abgeleitet ist, oder „Blatt“, das auf „aufgeblüht“ zurückgeht. Die Bestandteile des Baums selbst stehen für ein hierarchisches System, so wie umgekehrt der Baum als Metapher für hierarchische Systeme verwendet wird. „Stamm“ bedeutet „stehend“ (was die relative Position zum Boden angibt), „Ast“ bedeutet „was [am Stamm] ansitzt“ und „Zweig“ heißt ursprünglich „aus zwei bestehend“, was als gegabelter Ast („verzweigt“) zu verstehen ist (Drosdowski 1989). Je mehr man ins Detail geht, desto abstrakter wird es jedoch. Vor allem die Feinstrukturen eines Blattes, die als Unterscheidungskriterien dienen, sind für Personen ohne botanisches Fachwissen sehr abstrakt. Als Metaphern sind hier viele Begriffe aus der Zoologie oder Humanbiologie zu finden (Tabelle 20).

Tabelle 20: Metaphern mit Ursprung in der Zoologie / Humanbiologie

Begriff	Etymologische Erklärung (Drosdowski 1989)	Metapher/ Erklärung
Blattnarbe (= Ansatzstelle des Blattes am Zweig, wird nach Blattfall sichtbar)	„Narbe“ kommt von ‚eng‘, bezeichnet eigentlich die Verengung der Wundränder	Die Blattnarben werden von einem Trennungsgewebe an der Basis des Blattstiels gebildet (Strasburger 1991). Es handelt sich um Narben, die nach Abfallen des Blattes sichtbar werden (Hecker 2008), und damit um Narben im eigentlichen Sinne.
(Blatt-) Ader (= Leitbündel in der Blattspreite)	Heutige Bedeutung: „Blutgefäß“ Ursprünglich alle Gefäße, Stränge und innere Organe des menschlichen / tierischen Körpers Übertragene Verwendung schon im Althochdeutschen, z.B. „Erzader“ und „Wasserader“.	Die Blattadern dienen der Leitung von Wasser und Assimilaten (Nultsch 2001), daher handelt es sich um Adern im übertragenen Sinn.
(Blatt-) Nerv (= Leitbündel in der Blattspreite)	Von lat. „nervus“ Ursprünglich Sehne, Flechse, Muskelband Dient im heutigen Sinne der Erregungsleitung	Während das Wort Blattadern sich auf die Leitfunktion der Leitbahnen bezieht, berücksichtigt das Wort Blattnerven im ursprünglichen Sinn des Wortes deren stabilisierende Funktion.
Gefiedert	Geht auf „Feder“ zurück	Vergleicht die Form des zusammengesetzten Blattes mit einer Feder
Handförmiges, gefingertes Blatt	Geht auf die Körperteil-Bezeichnungen „Hand“ und „Finger“ zurück.	Vergleicht die Anordnung der Blättchen-Form mit einer Hand.
Blattzähne (= Ausformungen des Blattrandes)	„Zahn“ bedeutet eigentlich „der Kauende“.	Während das Wort auf die Funktion des Zahnes abzielt, beruht die Metapher auf der Ähnlichkeit der Form.

Begriff	Etymologische Erklärung (Drosdowski 1989)	Metapher/ Erklärung
Mittelrippe (= zentrales Leitbündel des Blattes)	Das Wort „Rippe“ kommt von „(den Brustkorb) bedecken, überdachen“. Im übertragenen Wortsinn meint man mit Gerippe das ganze Knochengestüt.	Das Wort „Rippe“ steht für die stabilisierende Funktion der Mittelrippe. Ein weitgehend abgebautes Blatt, bei dem nur noch die Leitbündel erhalten sind, wird manchmal als „Blattgerippe“ bezeichnet.

Betrachtet man die Sprache über die einzelnen Fachbegriffe hinaus, so fallen Wendungen auf, die eine Bewegung wiedergeben (die Blattadern „verlaufen“ in einer bestimmten Richtung, „erreichen“ den Blattrand nicht) oder durch Positionsangaben die Perspektive des Betrachters enthalten. „Blattspitze“ geht zwar auf die Eigenschaft „spitz“ zurück, kann aber auch im Sinne der Bergspitze das obere Ende sein. „Stiel“ heißt seit alters her nicht nur „Pflanzenstängel“ sondern auch „Griff, Handhabe“. Der Blattstiel ist demnach der Teil des Blattes, den wir beim Bestimmen in der Hand halten. Auch das Formulieren von Bewegungen kann die Perspektive des Biologen wiedergeben: Zur morphologischen Beschreibung von Organismen gehört in der Biologie auch das Zeichnen derselben. Beim Zeichnen werden Linien gezogen, sie haben immer eine Richtung. Die Linien der Seitenadern zieht man üblicherweise von der Mittelrippe zum Blattrand. Horn (2006) bezeichnet das Zeichnen als eine Konstruktion der Welt, indem es Objekte und Zusammenhänge sichtbar macht, Einblicke in Strukturen gewährt und Formen und Formmerkmale besser erfassbar macht. In diesem Sinne ist das Zeichnen eine wichtige biologische Arbeitsweise im Zusammenhang mit der Erkenntnismethode des Vergleichens.

Wendungen wie „das Blatt ist eingeschnitten“ suggerieren einen aktiven Eingriff, eine Manipulation oder eine Abweichung von der Norm. Diese Metapher geht zurück auf eine bestimmte Vorstellung, die Wissenschaftler vom ursprünglichen oder typischen Typ des ungeteilten, bilateralsymmetrischen Laubblattes (Takhtajan 1973, Sitte et al. 1998) haben. Auch „zusammengesetzt“ ist in ähnlichem Sinne zu verstehen, nur dass der Begriff nicht aussagt, dass einem Blatt etwas weggenommen wurde, sondern dass es aus mehreren Blättchen entstand.

In vielen Fällen werden Blattmerkmale über den Vergleich mit grafischen Elementen (spitz, eiförmig, rund, glatt, herzförmig) sowie relativen (z.B. „halb so lang wie die Blattspreite“) oder absoluten Größenangaben beschrieben.

4.1.3 Fragestellung

Falls die Fähigkeit zum Ordnen von Laubblättern tatsächlich durch die Erfahrung mit einem Bestimmungsschlüssel beeinflusst wird, müsste dieser Einfluss an den verwendeten Kriterien und Metaphern erkennbar sein. In einer explorativen Studie sollte ein Untersuchungsdesign gefunden werden, mit dem sich ermitteln lässt, ob sich die Fähigkeit der Kinder zum Ordnen von Laubblättern nach Erfahrung mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel verbessert und ob die Verbesserung mit einer Änderung der verwendeten Kriterien und Metaphern einhergeht.

Hypothesen

- 1) Kinder formulieren beim Beschreiben von Laubblättern andere Begriffe / Metaphern als die im Bestimmungsschlüssel verwendeten.
- 2) Nach wiederholter Anwendung eines dichotomen Bestimmungsschlüssels fällt es Kindern leichter, Unterschiede zwischen Laubblättern zu beschreiben. Dabei übernehmen sie Begriffe oder Metaphern aus dem Bestimmungsschlüssel, sofern diese für sie nachvollziehbar sind, d.h. der Merkmalsbezug ohne komplexeres Hintergrundwissen erkennbar ist.
- 3) Nach wiederholter Anwendung eines dichotomen Bestimmungsschlüssels gelingt es Kindern besser, beim Ordnen von Laubblättern zu entscheiden, welche Kriterien zur Unterscheidung geeignet sind. Die Folge ist eine Verbesserung der Ergebnisse beim Ordnen.

4.2 Methodik

Die Untersuchung fand von September bis November 2005 an einer städtischen Grundschule statt. Es nahmen zwölf Kinder der Klassenstufe 3 teil. Sie wurden in drei Gruppen zu je zwei Mädchen und zwei Jungen unterteilt. Jeweils eine Woche vor und nach der Treatment-Phase fanden die Pre- und Posttests in Form von Einzelinterviews statt, die mit einer Videokamera aufgezeichnet wurden. Die Kinder wurden darin aufgefordert, Laubblätter zu ordnen und ihr Vorgehen zu begründen. Die Treatment-Phase dauerte vier Wochen, in denen pro Woche für jede Gruppe eine separate Bestimmungsübung stattfand. Als Treatmentvariable (Bortz & Döring 2002) wurde in jeder Gruppe eine andere Form der Bestimmungshilfe eingesetzt.

4.2.1 Pre- und Posttests

Material

Für das Sortieren der Blätter wurden Laubblatt-Karten aus laminiertem Papier verwendet, um in allen Interviews des Pre- und Posttests ein einheitliches Aussehen zu gewährleisten. Dazu wurden je vier etwas unterschiedlich geformte Laubblätter von vier Laubbaumarten beidseitig mit einem Flachbettscanner eingescannt und in natürlicher Größe einzeln mit einem Farblaserdrucker ausgedruckt (siehe Anhang IV). Anschließend wurden sie rechteckig ausgeschnitten, Ober- und Unterseite eines Blattes zusammengeklebt und laminiert.

Ausgewählte Baumarten

Die auf den laminierten Karten dargestellten Laubblätter sollten nach jenen Kriterien unterscheidbar sein, die im Praxistest (Kapitel 3.4) besonders häufig zu Fehlern beim Bestimmen führten. Die häufigste Fehlerquelle - die Blattstellung - konnte nicht berücksichtigt werden, da dieses Kriterium am Blatt selbst nicht erkennbar ist. Ebenso wenig geeignet war das Kriterium *zusammengesetzte / einfache Blätter*, weil es ebenfalls nur bei Vorlage eines ganzen Zweigs problematisch ist. Werden die Blätter isoliert vorgelegt, ist es sofort erkennbar.

In Frage kamen daher die Merkmale *Blattrand (gezählter oder glatter Blattrand)*, *Blattadern (gerade zum Blattrand verlaufend / vor dem Blattrand umgebogen)* und *Blattform (asymmetrisch / symmetrisch)*. Als geeignet wurden daher Laubbaumarten erachtet, deren ovale, zugespitzte Blätter sich in ihrer Form ähneln und die sich vor allem durch die genannten Kriterien unterscheiden (Tabelle 21).

Tabelle 21: Kriterien, die zur Unterscheidung der ausgewählten Baumarten verwendet werden können.

Kriterium 1: Blattrand	Kriterium 2: Blattadern	Kriterium 3: Symmetrie	Baumart
glatt	gebogen	symmetrisch	Kornelkirsche (<i>Cornus mas</i>)
glatt	gerade	symmetrisch	Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>)
gezähnt	gerade	symmetrisch	Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)
gezähnt	gerade	asymmetrisch	Flatterulme (<i>Ulmus laevis</i>)

Ablauf der Tests

Es handelte sich hier um eine Form des Interviews, die zwischen Leitfaden-Interview (halbstrukturiertem Interview) und lautem Denken liegt (Bortz & Döring 2002). Leitfragen gaben eine Struktur vor, der weitere Ablauf des Gesprächs entwickelte sich jedoch durch die Überlegungen der Kinder, die ihr eigenes Handeln kommentierten (Tabelle 22).

Nach einer kurzen Heranführung an das Thema begannen die Kinder, die Blattkarten zu gruppieren. Anschließend wurden sie gebeten zu beschreiben, nach welchen Kriterien sie die Laubblätter geordnet hatten. Der Einstieg in das Interview diente dazu, die Kinder an das Thema heranzuführen.

Tabelle 22: Fragen, die zum Thema hinführen

Hauptfrage	Hilfsfragen	Erwartete Antwort	Ziel
"Was siehst du auf diesen Karten?"	-	"Ich sehe Blätter."	Vertraut machen mit dem Gegenstand
"Von was für einer Pflanze sind diese Blätter, ganz allgemein?"	"Ist das eine große oder eine kleine Pflanze?"	"Sie sind von einer großen Pflanze: von einem Baum."	Vertraut machen mit dem Gegenstand
"Stammen diese Blätter alle vom gleichen Baum, oder sind sie von unterschiedlichen Bäumen?"		"Sie stammen von unterschiedlichen Bäumen."	Blick auf die Unterschiedlichkeit lenken

Die Kinder wurden nun gebeten, die Karten so in Gruppen zu ordnen, dass jeweils die Blätter eines Baums beieinander lagen. Die Sortierungen wurden schriftlich von der Interviewerin protokolliert und zusätzlich durch den Video-Mitschnitt erfasst. Während des Ordnen wurden keine Fragen gestellt, Fragen der Kinder jedoch beantwortet. Formulierten die Kinder bereits während des Ordnen Unterscheidungskriterien, wurden diese in der Auswertung berücksichtigt.

Nach dem Ordnen wurden die Kinder aufgefordert, Unterschiede zwischen den Baumarten zu beschreiben (Beschreibungs-Phase; Tabelle 23). Jede Karten-Gruppe wurden als „dieser Baum“ angesprochen, damit die Kinder die Gruppe tatsächlich als Einheit wahrnahmen und nicht einzelne Blätter miteinander verglichen.

Tabelle 23: Interviewleitfaden für die Beschreibungs-Phase

Hauptfrage	Hilfsfragen	Erwartete Antwort	Ziel
"Was sind die Unterschiede zwischen den Blättern dieses Baums und den Blättern dieses Baums?" (Wird für jede Blattgruppe wiederholt.)	"Weshalb hast du diese Blätter voneinander getrennt?"	Je nach Baumart unterschiedlich	Anregung, sich der beim Sortieren angewendeten Unterscheidungskriterien bewusst zu werden und sie zu verbalisieren

4.2.2 Treatment

Material

Die Bestimmung fand an Tablet-PCs statt. In den drei Gruppen wurden drei verschiedene Varianten der Bestimmungshilfe verwendet:

- gesamter Bestimmungsschlüssel mit 85 beschriebenen Baumarten
- angepasster Bestimmungsschlüssel mit 20 beschriebenen Baumarten
- Bild-Objekt-Vergleich mit 20 beschriebenen Baumarten

Ausgewählte Baumarten

Bei den 20 ausgewählten Baumarten waren die Kriterien *Blattstellung*, *Blattaufteilung*, *Blattlappung*, *Blattrand* und *Blattadern* in beiden Merkmalsausprägungen zu finden (Tabelle 24).

Tabelle 24: In den Bestimmungsübungen verwendete Baumarten und deren bestimmungsrelevante Kriterien

Arten	Kriterium (1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Gemeine Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>) Holunder (<i>Sambucus nigra</i>)	zusammengesetzt	gegenständig			
Götterbaum (<i>Ailanthus altissima</i>) Vogelbeere (<i>Sorbus aucuparia</i>)	zusammengesetzt	wechselständig			
Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>) Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>)	einfach	gegenständig	gelappt		
Buchsbaum (<i>Buxus sempervirens</i>)	einfach	gegenständig	ungelappt		
Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>)	einfach	wechselständig	ungelappt	glatt	gerade
Weißdorn (<i>Crataegus monogyna</i>) Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>) Roteiche (<i>Quercus rubra</i>) Stieleiche (<i>Quercus robur</i>)	einfach	wechselständig	gelappt		
Baumhasel (<i>Corylus colurna</i>) Ulme (<i>Ulmus laevis</i>) Hängebirke (<i>Betula pendula</i>) Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>) Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>) Sommerlinde (<i>Tilia platyphyllos</i>)	einfach	wechselständig	ungelappt	gezähnt	gerade
Bruchweide (<i>Salix fragilis</i>) Felsenbirne (<i>Amelanchier lamarckii</i>) Sommerlinde (<i>Tilia platyphyllos</i>)	einfach	wechselständig	ungelappt	gezähnt	gebogen, verzweigt

Alle Arten kamen in der Umgebung der Schule oder in der Stadt Karlsruhe häufig vor. Die Rosskastanie wurde ausgelassen, da sie Kindern meist bekannt ist. Bewusst wurden einige Arten gewählt, deren Blätter sehr ähnlich sind, um zu zeigen, dass es bei der Unterscheidung von Arten auf einzelne Details ankommt (Bsp. Stiel-/Traubeneiche). Die Sommerlinde wurde gewählt, da sie in der Umgebung der Schule sehr häufig vertreten ist und in der Nachbarschaft eine kulturelle Rolle spielt ("Lindenblütenfest"). Ihre Blätter lassen sich über zwei Wege bestimmen („Blattadern gerade“ und „Blattadern gebogen/verzweigt“).

Ablauf der Bestimmungsübungen

Die drei Gruppen wurden getrennt voneinander unterrichtet. Vier Wochen lang fand einmal pro Woche für jede Gruppe eine Übung von 45 Minuten Dauer statt. In der ersten Woche erhielten die Kinder am Beispiel von fünf Baumarten eine Einführung in die Verwendung der

Bestimmungshilfe sowie in die Unterscheidung zwischen Zweigen und zusammengesetzten Blättern (vgl. Kapitel 3.4). In jeder weiteren Bestimmungsübung wurden neben den fünf in der vorhergehenden Woche eingeführten Baumarten fünf neue Arten bestimmt, so dass insgesamt bei jedem Termin zehn Baumarten zu bestimmen waren.

4.2.3 Auswertung

Die Transkription erfolgte nach den Transkriptionsregeln von Kuckartz et al. (2007) in OpenOffice.org 2.4 Calc. Transkribiert wurden nur die Phasen des Ordners, sofern dabei Unterscheidungskriterien formuliert wurden, und des Beschreibens. Die Transkriptionen wurden durch Angaben zu den Blattgruppen, die gelegt wurden, und zu den gerade verwendeten Bestimmungskriterien ergänzt (Transkriptionen siehe Anhang V).

Drei Aspekte wurden ausgewertet:

(1) Metaphern und Begriffe, die Kinder beim Beschreiben der Unterschiede zwischen den Laubblättern verwendeten

Die Metaphern und Begriffe wurden zur besseren Vergleichbarkeit kategorisiert. Die Kategorien entsprechen weitgehend den in Kapitel 4.1.2 beschriebenen, nur die Kategorie „Zoologie / Humanbiologie“ wurde erweitert auf „Natur“. Lediglich Angaben wie weicher / härter, dunkler / heller oder Farbe ließen sich schlecht in die bestehenden Kategorien einordnen, daher wurde hierfür eine eigene Kategorie eingerichtet.

Die sechs Kategorien lauten demnach: *Natur – Verlauf (= gerichtete Bewegung) – Grafik / Geometrie – Größenvergleich – Abweichung von der Norm – Farbe / Beschaffenheit*.

(2) Kriterien, die Kinder zum Unterscheiden der Laubblätter anwendeten

Im Bestimmungsschlüssel kommen zur Unterscheidung der Baumarten, deren Laubblätter in den Tests verwendet wurden, drei Kriterien vor: die Form des Blattrands, der Verlauf der Blattadern und die Symmetrie bzw. Asymmetrie der Blatthälften. Von den Kindern wurden darüber hinaus eigene Kriterien gefunden, die zur Auswertung wiederum in die beiden Kategorien *Blattspitze* und *Größe / Form+ Farbe / Beschaffenheit* zusammengefasst werden konnten.

(3) Erfolg der Kinder beim Ordnen der Laubblätter

Zur Bewertung des Erfolgs beim Sortieren wurde ein Punktesystem entwickelt. Dieses System basiert darauf, dass alle Kinder bereits im Pretest die Laubblätter nach dem Kriterium *Blattrand* in zwei Gruppen unterteilen konnten. Für diese Leistung gab es deshalb nur 0,2 Punkte, während die korrekte Gruppierung aller vier Baumarten mit 1 Punkt bewertet wurde. Bei einer anderen

Ausgangssituation in zukünftigen Studien müsste man das Punktesystem anpassen. Die genaue Erläuterung des Punktesystems erfolgt im Ergebnisteil (Kapitel 4.3).

4.3 Ergebnisse

In diesem Kapitel wird dargestellt, welche Kriterien zur Unterscheidung von Laubblättern die Kinder anwendeten und welche Begriffe oder Metaphern sie dafür einsetzten.

4.3.1 Erläuterung der Tabellen

In den Tabellen werden folgende Abkürzungen und Kategorien verwendet:

- **A, B, C** bezeichnen die drei Probandengruppen, wobei
 - Gruppe A** mit dem langen dichotomen Bestimmungsschlüssel (85 Arten) arbeitete,
 - Gruppe B** mit dem verkürzten dichotomen Bestimmungsschlüssel (20 Arten) und
 - Gruppe C** mit dem Objekt-Bild-Vergleich (20 Arten).
 Jede Gruppe bestand jeweils aus vier Kindern (z.B. A1, A2, A3, A4).
- **Karten-Gruppen** geben wieder, wie die Kinder die Karten geordnet haben. Dabei bezeichnen **a, b, c, d** die vier in den Tests verwendeten Baumarten.
 - a** = Hainbuche (*Carpinus betulus*)
 - b** = Flatterulme (*Ulmus laevis*)
 - c** = Rotbuche (*Fagus sylvatica*)
 - d** = Kornelkirsche (*Cornus mas*)
- **Hauptkriterien / Nebenkriterien:** Hauptkriterien sind die drei Kriterien *Blattrand*, *Blattadern* und *Blattsymmetrie*. Nebenkriterien sind alle Kriterien, die von den Kindern zusätzlich angewendet werden.
- **Fachausdrücke:** Als Fachausdruck wird immer der Begriff angesehen, der im Bestimmungsschlüssel zur Beschreibung eines Kriteriums oder einer Merkmalsausprägung dient, auch wenn er der Alltagssprache entstammt. Beispiele: (*Blatt-*) *Adern*, (*Blatt-*) *Stiel*, (*Blatt-*) *Spitze*, (*Blatt-*) *Zähne*, *gezähnt*, *gelappt*. Als „übernommen“ wird ein Begriff nur eingestuft, wenn er im Pretest noch nicht verwendet wurde.

4.3.2 Vergleich der verwendeten Metaphern und Begriffe

Die Kinder gingen beim Ordnen der Laubblätter am häufigsten auf die drei Hauptkriterien *Blattrand*, *Blattadern* und *Blattsymmetrie* sowie die Nebenkriterien *Blattspitze*, *Form/Größe* und *Farbe/Beschaffenheit* ein. Durch den Vergleich der dabei von ihnen verwendeten Metaphern und Begriffe mit jenen aus dem Bestimmungsschlüssel lässt sich einschätzen, welchen Einfluss der dichotome Bestimmungsschlüssel auf ihre Vorstellungen von Laubblättern hat.

Hauptkriterium *Blattrand*

Über das Kriterium *Blattrand* werden die beiden Arten Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Flatterulme (*Ulmus laevis*) mit gezähntem Blattrand von den Arten Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Kornelkirsche (*Cornus mas*) mit glattem oder leicht gewelltem Blattrand unterschieden. Im Bestimmungsschlüssel werden folgende Beschreibungen verwendet: „Der Blattrand ist (gelappt oder) gezähnt“ – „Der Blattrand ist glatt oder leicht gewellt“. An anderen Stellen ist von „(Blatt-) Zähnen“ die Rede.

Alle Kinder erkannten und verwendeten das Kriterium „Blattrand“ bereits im Pretest. Als häufigster Begriff wurde das Wort „Zacken“ zur Beschreibung des gezähnten Blattrandes verwendet, das Wort „rund“ oder die Abwesenheit von „Zacken“ zur Beschreibung des glatten Blattrandes (Tabelle 25).

Tabelle 25: Begriffe, die von den Kindern (N=12) im Pretest und Posttest zur Beschreibung der Merkmalsausprägungen „gezähnter Blattrand“ und „glatter / leicht gewellter Blattrand“ verwendet wurden. Begriffe aus dem Bestimmungsschlüssel, die im Posttest neu hinzukamen, sind fett gedruckt.

Kind	Verwendete Begriffe im Pretest		Verwendete Begriffe im Posttest	
	gezähnt	Glatt	gezähnt	glatt, leicht gewellt
A1	Wie ein Baum	Rund	Zähne	keine Zähne , glatt
A2	(erkennt den Unterschied, kann ihn nicht benennen)	-	spitz	glatt
A3	Zacken	Nicht	Zähne	gelappt , rund
A4	Ritzen	Rund	Zacken, Ecken, rund, hjüm, jüm, zickzackzack ganz kleine	keine Zacken, glatt , rund
B1	Zacken	Rund	Zacken	Wellen
B2	Mehr zackig	Runder	eingeschnitten , Zacken	eher gerade
B3	Zacken	keine	Zacken, zackig, Zähne , spitz	keine Zähne , keine Zacken
B4	Zacken	keine Zacken	Zacken	keine Zacken

Kind	Verwendete Begriffe im Pretest		Verwendete Begriffe im Posttest	
	gezähnt	Glatt	gezähnt	glatt, leicht gewellt
C1	Zacken	rund, Wellen	Zacken	gewellt
C2	Zacken	wellig	Zacken	-
C3	-	rund(er)	Zacken	-
C4	Zacken	rund, glatt	Zacken	-

Drei Kinder aus den Gruppen A und B übernahmen im Posttest den Ausdruck „Zähne“ aus dem Bestimmungsschlüssel. Das Wort „Zacken“ wurde jedoch nur einmal damit ersetzt, fast alle Kinder behielten es im Posttest bei. Zur Beschreibung des glatten Blattrandes verwendeten fünf von acht Kindern aus den Gruppen A und B nun Wörter, die – z.T. in anderem Zusammenhang – im Bestimmungsschlüssel vorkommen („glatt“, „gelappt“, „eingeschnitten“, „Wellen“). In Gruppe C dagegen wurde die Beschreibung dieser Merkmalsausprägung von drei der vier Kinder wieder ganz aufgegeben. Insgesamt wurden zur Beschreibung des Blattrandes überwiegend Begriffe aus der Kategorie Grafik / Geometrie verwendet (Tabelle 26).

Tabelle 26: Übersicht über die von den Kindern (N=12) verwendeten Metaphern und Begriffe beim Beschreiben des Blattrandes im Pretest und im Posttest.

Metapher / Begriff	Pretest				Begriffe	Posttest				Begriffe
	Anzahl der Nennungen					Anzahl der Nennungen				
	Alle Gruppen	A	B	C		Alle Gruppen	A	B	C	
Natur	1	1	0	0	Baum	3	2	1	0	Zähne
Grafik / Geometrie	10	3	4	3	Zacken, rund, wellig, glatt	12	4	4	4	glatt, spitz, gelappt, rund, Zacken, zackig, Ecken, Wellen, gewellt, gerade
Abweichung von Norm	1	1	0	0	Ritzen	1	0	1	0	eingeschnitten

Hauptkriterium *Blattadern*

Die Blätter der Kornelkirsche (*Cornus mas*) fallen im Vergleich zu den anderen drei Arten durch ihre stark gebogenen Blattadern auf. Der Text im Bestimmungsschlüssel lautet „Sie [die Seitenadern] verlaufen bogenförmig zur Blattspitze“ / „Sie verlaufen fast gerade in Richtung Blattrand“. Da die Kornelkirsche jedoch in den Übungen nicht bestimmt wurde, kamen diese

Beschreibungen im Schlüssel nicht vor, sondern nur Formulierungen wie „die Seitenadern verlaufen direkt zum Blattrand / in die Blattränder“ bzw. „die Seitenadern erreichen den Blattrand nicht“.

Das Kriterium *Blattadern* wurde im Pretest von fünf Kindern, im Posttest von neun Kindern verwendet. Nur Kinder mit dichotomem Bestimmungsschlüssel nahmen das Kriterium im Posttest neu hinzu (A: 3x, B: 1x) (Tabelle 27).

Tabelle 27: Begriffe, die von den Kindern (N=12) zur Beschreibung der Merkmalsausprägungen „gerade Blattadern“ und „gebogene Blattadern“ verwendet wurden. Begriffe aus dem Bestimmungsschlüssel, die im Posttest neu hinzukamen, sind fett gedruckt.

Kind	Verwendete Begriffe im Pretest		Verwendete Begriffe im Posttest	
	Ausprägung „gebogene Adern“	Ausprägung „gerade Adern“	Ausprägung „gebogene Adern“	Ausprägung „gerade Adern“
A1	-	-	Striche gehen an die Spitze	-
A2		Linien		Linien
A3	-	-	Adern rund	gerade schräg rüber hoch
A4	-	-	uhj juj juj, wie Daumenabdrücke	Striche, sieht man richtig gut
B1	runder	gerade	Adern , rund	„Zickzickzick“, „V“
B2	Anderes Muster auf dem Blatt		Anderes Muster, sehen hinten anders aus	
B3	-	-	Linien anders, rund, fahren nicht in die Zähne	Linien fahren gerade in die Zähne
B4	-	-	-	-
C1	Venen weggespült, ringförmig	-	Aufstriche, Blattadern , runder, gehen nach oben	gehen ganz gerade rauf
C2	-	-	-	-
C3	<i>Muster</i> geht hoch	geht nicht ganz so hoch, nur schräg	Knochen, gehen hoch	gerade , schief
C4	-	-	-	-

Beide Merkmalsausprägungen wurden ähnlich häufig beschrieben. Je ein Kind pro Gruppe übernahm im Posttest das Wort „Adern“ (Tabelle 27). Die Schülerin aus Gruppe C kannte den Begriff möglicherweise zuvor schon, denn im Pretest verwendete sie das sinnverwandte Wort „Venen“. Außerdem erzählte sie, ihr Bruder sei Biologe und ihre Schwester studiere Biologie für das Lehramt.

Metaphern der Kategorie *Grafik / Geometrie* hatten bei diesem Kriterium im Posttest nur noch einen geringen Vorsprung gegenüber jenen der Kategorien *Natur* und *Verlauf* (Tabelle 28).

Tabelle 28: Übersicht über die von den Kindern (N=12) verwendeten Metaphern und Begriffe beim Beschreiben des Kriteriums Blattadern.

Metapher	Pretest				Begriffe	Posttest				
	Anzahl der Nennungen					Anzahl der Nennungen				
	Alle Gruppen	A	B	C		Alle Gruppen	A	B	C	
Verlauf	1	0	0	1	geht hoch	5	2	1	2	gehen hoch, rauf, fahren in die Zähne, gehen an die Spitze
Natur	1	0	0	1	Venen	5	2	1	2	(Blatt-)Adern, Daumenabdrücke, Knochen
Grafik / Geometrie	5	1	2	2	Linien, Muster, rund, gerade, ringförmig	9	4	3	2	Linien, Muster, (Auf-) Striche, rund(er), gerade, V
Abweichung von Norm	1	0	0	1	weggespült	0	0	0	0	-

Hauptkriterium *Symmetrie*

Im Bestimmungsschlüssel wird die Ulme anhand ihrer asymmetrischen Blätter von den anderen Arten unterschieden. Dabei werden folgende Beschreibungen verwendet: „Das untere Blattende ist...“ „...herzförmig oder schief“ oder „rund oder eiförmig“ sowie „...auffallend schief“ oder „...nicht schief“. Die Kinder verwendeten dieses Kriterium im Pretest viermal, im Posttest zehnmal, wobei vor allem die Merkmalsausprägung „Blatt asymmetrisch“ beschrieben wurde (Tabelle 29).

Tabelle 29: Begriffe, die von den Kindern (N=12) zur Beschreibung der Merkmalsausprägungen „symmetrische Blattspreite“ und „asymmetrische Blattspreite“ verwendet wurden

Kind	Verwendete Begriffe im Pretest	Verwendete Begriffe im Posttest
A1	-	-
A2	-	länger, kürzer [Blatthälften]
	-	-
A4	-	Da bleibt mehr als da / da ist gleich viel
B1	-	Machen einen Bogen, geht rein, ganz rund unten, komisch / V-Form
B2	gebogen	Geht runter und hat Bogen
B3	schief, krumm / ganz gerade	Bogen
B4	-	linkes Blatt [Blatthälfte] tiefer / nicht so tief
C1	Ring, Schneckenform	Ring unten, Platz frei, geht rein
C2	geht bis hier, kleiner Stiel	Geht hier mehr rein, eine Hälfte kürzer als die andere, kleiner Höcker
C3	-	hört hier schon auf
C4	-	An der Seite, seitlich, rundlicher

In allen Gruppen nahmen je zwei Kinder das Kriterium neu an. Der im Bestimmungsschlüssel verwendete Begriff „schief“ wurde nur im Pretest verwendet. Die Sprache beim Beschreiben dieses Kriteriums war sehr vielfältig, ein Schwerpunkt in einer bestimmten Metaphernkategorie nicht erkennbar (Tabelle 30).

Tabelle 30: Übersicht über die von den Kindern (N=12) verwendeten Metaphern und Begriffe beim Beschreiben des Kriteriums *Symmetrie*

Metapher	Pretest				Begriffe	Posttest				
	Anzahl der Nennungen			Alle Gruppen		Anzahl der Nennungen			Begriffe	
	Alle Gruppen	A	B			A	B	C		
Verlauf	1	0	0	1	geht bis hier	4 (5)	0	2	2	geht rein, geht runter (hört hier schon auf)
Natur	1	0	0	1	-	0	0	0	0	Schneckenform
Grafik / Geometrie	3	0	2	1	Ring, schief / gerade, gebogen	6	0	3	3	Bogen, Ring, V-Form, rund(lich), Höcker
Größen-Vergleich	0	0	0	0	-	5	2	1	2	länger / kürzer, mehr als da, tiefer / nicht so tief, eine Hälfte kürzer als die andere, hört hier schon auf, (geht) mehr (rein)
Abweichung von Norm	1	0	1	0	krumm	1	0	1	0	komisch

Nebenkriterium *Blattspitze*

Das Kriterium *Blattspitze* wurde von den Kindern zur Unterscheidung aller Baumarten herangezogen, war also nicht an eine bestimmte Baumart gebunden. Im Bestimmungsschlüssel kommt das Kriterium zur Unterscheidung der betreffenden Baumarten nicht vor.

Im Pretest wurde das Kriterium fünfmal, im Posttest siebenmal verwendet. In Gruppe C (Bild-Objekt-Vergleich) wurde das Kriterium im Posttest von zwei Kindern neu hinzugenommen. In den Gruppen mit dichotomem Bestimmungsschlüssel blieb die Verwendung dagegen gleich oder nahm sogar ab (Tabelle 31).

Tabelle 31: Begriffe, die von den Kindern (N=12) zur Beschreibung des Kriteriums *Blattspitze* verwendet wurden

Kind	Pretest	Posttest
A1	-	-
A2	-	Länger, kürzer
A3	-	-
A4	Größere Spitze, Spitze oben mehr	Da oben
B1	-	-
B2	Die gehen oben rein, haben eine Spitze	-
B3	Das hat keine so Spitze	Da ist das nicht so lang
B4	-	-
C1		Die haben nicht so eine Spitze wie die
C2	Oben spitzer	Oben kleine Spitze. Größere Spitze.
C3	-	Nicht so eine große Spitze
C4	Spitzer	Längeres Spitzchen

Zur Beschreibung wurden fast nur Metaphern und Begriffe aus den Kategorien *Grafik / Geometrie* und *Größenvergleich* formuliert. Der Größenvergleich nahm im Posttest deutlich zu (Tabelle 32).

Tabelle 32: Übersicht über die von den Kindern (N=12) verwendeten Metaphern und Begriffe beim Beschreiben des Kriteriums *Blattspitze*

Metapher	Pretest				Begriffe	Posttest				Begriffe
	Anzahl der Nennungen					Anzahl der Nennungen				
	Alle Gruppen	A	B	C		Alle Gruppen	A	B	C	
Verlauf	1	0	1	0	gehen rein	0	0	0	0	-
Grafik / Geometrie	5	1	2	2	Spitze, spitzer	4	0	0	4	Spitze, Spitzchen
Größen-Vergleich	0	1	0	0	oben mehr	5	1	1	3	länger/kürzer, längeres, nicht so lang, kleine/größere, nicht so große

Nebenkriterien: *Form / Größe und Farbe / Beschaffenheit*

Die Kriterien Gesamtform/Länge/Breite und Farbe/Festigkeit werden in einer Kategorie behandelt, da es sich um unpräzise Merkmale handelt, die individuellen Schwankungen unterworfen und damit nur eingeschränkt zur Bestimmung geeignet sind. Diese Kriterien wurden im Pretest achtmal, im Posttest sechsmal angewendet (Tabelle 33). Bei der Beschreibung dominierten Vergleiche von Größe, Helligkeit und Festigkeit (Tabelle 34).

Tabelle 33: Begriffe, die von den Kindern (N=12) zur Beschreibung der Kriterien *Form/Größe und Farbe/Beschaffenheit* verwendet wurden

Kind	Pretest	Posttest
A1	-	Sie haben so Farbe
A2	-	-
A3	-	-
A4	Rundig, schmal, größer, andere Form, breiter, dünner., dunkler	Runder, dunkler, heller
B1	Dünnere, dunkel	-
B2	Größer	-
B3	Schmalere, dick, Form	Geht wie ein Regentropfen hoch, dicker
B4	-	-
C1	Kleiner, rund, dünner, dicker	-
C2	Rund	Rund, geht mehr nach außen
C3	Runder, größer, weicher, härter	Runder, lang, größer, dunkler, dicker
C4	Länger, kleiner, dunkler	Heller

Tabelle 34: Übersicht über die von den Kindern (N=12) verwendeten Metaphern und Begriffe beim Beschreiben der Kriterien *Form/Größe* und *Farbe/Beschaffenheit*

Metapher	Pretest					Posttest				
	Anzahl der Nennungen				Begriffe	Anzahl der Nennungen				Begriffe
	Alle Gruppen	A	B	C		Alle Gruppen	A	B	C	
Verlauf	0	0	0	0	-	2	0	1	1	geht hoch, geht nach außen
Natur	0	0	0	0	-	1	0	1	0	Regentropfen
Grafik / Geometrie	5	1	1	3	rund(ig), andere Form	3	1	0	2	rund(er)
Größen- Vergleich	7	1	3	3	größer, kleiner, breiter, dünner schmäler, dicker	2	0	1	1	größer, dicker
Helligkeit, Festigkeit	4	1	1	2	dunkel, dunkler, weicher / härter	3	1	0	2	dunkler / heller,

Zusammenfassung: Vergleich der verwendeten Metaphern

Die Metaphern, die bei (fast) allen Kriterien verwendet wurden, sind der Grafik/Geometrie oder der Naturkunde entnommen oder drücken eine gerichtete Bewegung aus (Tabelle 35).

Tabelle 35: Vergleich der Metaphern, die von den Kindern (N=12) zur Beschreibung der Unterscheidungskriterien verwendet wurden

Metapher	Blattrand		Blattadern		Symmetrie		Spitze		Form/Farbe		Alle Kriterien	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Grafik/Geometrie	10	12	5	9	3	6	5	4	5	3	28	34
Natur	1	3	1	5	1	0	0	0	0	1	3	9
Verlauf	0	0	1	5	1	4	1	0	0	2	3	11
Größenvergleich	0	0	0	0	0	5	1	5	7	2	8	12
Farbe / Beschaffenheit	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4
Abweichung von Norm	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	3	2
Gesamt	12	16	8	19	6	16	7	9	16	12	49	72

Insgesamt nahm die Verwendung von Metaphern zu. Die häufigsten Metaphern stammten aus dem Bereich Grafik/Geometrie. Ein besonders großer Anstieg fand sich jedoch bei Metaphern aus dem Bereich der Natur und bei der Metapher der gerichteten Bewegung. Metaphern aus der Natur wurden vor allem in Gruppe B hinzugenommen, die Metapher der gerichteten Bewegung in Gruppe C. Insgesamt wurden von Kindern der Gruppe C bereits im Vortest die meisten Metaphern eingesetzt, trotzdem gab es hier den höchsten Anstieg an verwendeten Metaphern (Tabelle 36).

Tabelle 36: Vergleich der Metaphern, die von den Kindern (N=12) in den Gruppen A, B und C verwendet wurden

Kategorie	A		B		C		Gesamt	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Grafik/Geometrie	6	9	11	10	11	15	28	34
Natur	1	4	0	3	2	2	3	9
Verlauf	0	2	1	4	2	5	3	11
Größenvergleich	2	3	3	3	3	6	8	12
Farbe/Beschaffenheit	1	2	1	0	2	2	4	4
Abweichung von Norm	1	0	1	2	1	0	3	2
Gesamt	11	20	17	22	21	30	49	72

Als weiteres Zeichen für die Wahrnehmung einer *Abweichung von der Norm* kann man die Beschreibung nur einer von zwei Merkmalsausprägungen verstehen. Dies war bei den Kriterien „Symmetrie“ und „Blattrand“ zu beobachten und nahm in Gruppe C (Objekt-Bild-Vergleich) nach den Bestimmungsübungen stark zu (Tabelle 37).

Tabelle 37: Häufigkeit, mit der bei den Kriterien „Symmetrie“ und „Blattrand“ nur eine Merkmalsausprägung („asymmetrisch“ bzw. „gezähnt“) beschrieben wurde. Pro Gruppe kann man von N=8 ausgehen, da es sich um vier Kinder pro Gruppe und zwei zu beschreibende Kriterien handelte.

Gruppe	Häufigkeit der Beschreibung nur einer Merkmalsausprägung im Pretest (N=8)	Häufigkeit der Beschreibung nur einer Merkmalsausprägung im Posttest (N=8)
A	1	1
B	3	3
C	2	7

4.3.3 Verwendung von Kriterien und Entwicklung beim Ordnen der Laubblätter

Merkmale der Laubblätter sind unterschiedlich gut als Unterscheidungskriterien geeignet. Ihre Verwendung wirkte sich daher auf den Erfolg beim Ordnen der Laubblätter aus.

Vergleich der verwendeten Kriterien pro Gruppe

Tabelle 38 und Tabelle 39 zeigen die in den Gruppen verwendeten Haupt- und Nebenkriterien noch einmal im Überblick. Tabelle 40 zeigt die Entwicklung bei der Verwendung von Haupt- und Nebenkriterien vom Pretest zum Posttest.

Tabelle 38: Anzahl der Hauptkriterien, die von den Kindern (N=12) in den Gruppen A, B und C verwendet wurden

Kriterium	A		B		C		Gesamt	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Blattrand	4	4	4	4	4	4	12	12
Blattadern	1	4	2	3	2	2	5	9
Symmetrie	0	2	2	4	2	4	4	10
Gesamt	5	10	8	11	8	10	21	31

Tabelle 39: Anzahl der Nebenkriterien, die von den Kindern (N=12) in den Gruppen A, B und C verwendet wurden

Kriterium	A		B		C		Gesamt	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Blattspitze	1	2	2	1	2	4	5	7
Form / Größe	1	1	3	1	4	2	8	4
Farbe / Beschaffenheit	1	2	1	0	2	2	4	4
Summe	3	5	6	2	8	8	17	15

Tabelle 40: Anzahl der Kriterien, die von den Kindern (N=12) im Posttest verwendet wurden und ihre Entwicklung im Vergleich zum Pretest

Gruppe	Anzahl der Kriterien im Posttest			Zunahme (+) / Abnahme (-) gegenüber dem Pretest		
	A	B	C	A	B	C
Hauptkriterien	10	11	10	+5	+3	+2
Nebenkriterien	5	2	8	+2	-4	-

Bei der Verwendung der Kriterien zeigen sich sehr unterschiedliche Ausgangsbedingungen. In Gruppe A wurden im Pretest viel weniger Kriterien angewendet als in Gruppe B und C. Entsprechend gab es bei A auch einen stärkeren Zuwachs an Kriterien. Die Anzahl der verwendeten Kriterien war im Posttest sehr ähnlich. Zur Unterscheidung dieser vier Baumarten benötigt man theoretisch drei Kriterien (Blattrand, Blattadern, Asymmetrie). Bei vier Kindern pro Gruppe lassen sich also sinnvoll zwölf Kriterien pro Gruppe einsetzen. Mehr Kriterien müssen nicht zu höherem Erfolg führen. Alle drei Gruppen näherten sich im Posttest bei der Anzahl der verwendeten Hauptkriterien diesem Ideal an. Sie unterschieden sich jedoch in ihrer Verwendung von Nebenkriterien, dies besonders in Gruppe C.

Entwicklung beim Ordnen der Laubblätter

Zum Vergleich der Erfolge und Verbesserungen beim Ordnen der Laubblätter bedarf es eines Punktesystems (Tabelle 41). Da alle Kinder bereits im Pretest das Kriterium *Blattrand* erfolgreich angewendet hatten, wird nur die Trennung von zwei Baumarten beschrieben.

Tabelle 41: Punktesystem zur Beurteilung der Leistung beim Ordnen der Laubblätter

Konstellation	Erläuterung	Punkte
xxxx	Die Baumart wurde korrekt in einer Gruppe angeordnet	1
xx – xx xxx - x	Die Baumart wurde sauber von der anderen getrennt, aber in zwei Gruppen unterteilt	0,8
xxxxo	An die vier Blätter der Baumart wurde ein Blatt der anderen gehängt	0,6
xxx – xo(...)	Drei Blätter der Baumart bilden eine Gruppe, das andere hängt an einer anderen Gruppe	0,6
xxxo	Drei Blätter der Baumart wurden mit einem der anderen Baumart kombiniert	0,4

xxxxoo	Vier Blätter der Baumart wurden mit zwei Blättern der anderen Baumart kombiniert	0,4
xx – xxo(...)	Zwei Blätter der Baumart stehen frei, zwei wurden mit einem Blatt / Blättern der anderen Baumart kombiniert	0,4
xxxxoooo	Alle Blätter beider Baumarten bilden eine Gruppe, es wurde nur die Trennung nach dem Kriterium „Blattrand“ durchgeführt.	0,2
xxoo – xxoo xo – xo – xo	Die Blätter beider Baumarten wurden gleichmäßig gemischt und in Gruppen unterteilt.	0,2

Da es vier Baumarten und pro Gruppe vier Kinder gab, lag die maximale Punktzahl pro Gruppe bei 16. Zum Teil haben die Kinder während des Beschreibens der Unterschiede Gruppen miteinander kombiniert oder getrennt. In der folgenden Aufstellung (Tabelle 42-44) wird das Ergebnis aufgeführt, das jeweils am Ende des Beschreibens vorlag.

Tabelle 42: Gruppe A (N=4) - Punktzahlen beim Ordnen der Laubblätter der Baumarten a-d (Hainbuche, Flatterulme, Rotbuche, Kornelkirsche). Korrekte Ergebnisse beim Sortieren sind fett gedruckt.

Kind	Blattgruppen im Pretest	Punkte				Gesamt	Blattgruppen im Posttest	Punkte				Gesamt
		a	b	c	d			a	b	c	d	
A1	aaaabbbb ccccdddd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	aaaabbbb ccccdddd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8
A2	aaaabbbb cccd c ddd	0,2	0,2	0,4	0,4	1,2	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4
A3	aaaabbbb ccccdddd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	aaaabbbb cccc dddd	0,2	0,2	1	1	2,4
A4	aaaa bb bb cc cc dddd	1	0,8	0,8	1	3,6	aaaa bbbb cdd ccc d	1	1	0,6	0,4	3
Gesamt		1,6	1,4	1,6	1,8	6,4		2,4	2,4	2,8	2,6	10,2

Tabelle 43: Gruppe B (N=4) – Punktzahlen beim Ordnen der Laubblätter der Baumarten a-d (Hainbuche, Flatterulme, Rotbuche, Kornelkirsche). Korrekte Ergebnisse beim Sortieren sind fett gedruckt.

Kind	Blattgruppen im Pretest	Punkte				Gesamt	Blattgruppen im Posttest	Punkte				Gesamt
		a	B	c	d			a	b	c	d	
B1	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4
B2	aaaa bbbb cccc dd dd	1	1	1	0,8	3,8	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4
B3	aaaa bbbb cc cc dd dd	1	1	0,8	0,8	3,6	aaaa bbbb ccc c dddd	1	1	0,8	1	3,8
B4	aaaabbbb ccccdddd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	aaaa bbbb ccccdddd	1	1	0,2	0,2	2,4
Gesamt		3,2	3,2	3	2,8	12,2		4	4	3	3,2	14,2

Tabelle 44: Gruppe C (N=4) - Punktzahlen beim Ordnen der Laubblätter der Baumarten a-d (Hainbuche, Flatterulme, Rotbuche, Kornelkirsche). Korrekte Ergebnisse beim Sortieren sind fett gedruckt.

Kind	Blattgruppen im Pretest	Punkte				Gesamt	Blattgruppen im Posttest	Punkte				Gesamt
		a	b	c	d			a	b	c	d	
C1	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4
C2	aaaa bbbb cccc dd dd	1	1	0,6	0,6	3,2	aaaa bbbb ccc cdd dd	1	1	0,4	0,4	2,8
C3	aaaabbbb cccc dddd	0,2	0,2	1	1	2,4	aaaa bbbb cccc dddd	1	1	1	1	4
C4	aaaa bbbb cccc dd dd	1	1	0,6	0,6	3,2	aaaa bbbb cccc dd dd	1	1	0,4	0,4	2,8
Gesamt		3,2	3,2	3,2	3,2	12,8		4	4	2,8	2,8	13,6

Die Gruppen B und C erzielten bereits im Pretest bessere Ergebnisse als Gruppe A im Posttest, weshalb ein Teil der Verbesserung bei Gruppe A auf diesen Rückstand bzw. einen Ceiling-Effekt bei den Gruppen B und C zurückzuführen sein könnte (Tabelle 45).

Tabelle 45: Punktzahlen, die von den Kindern (N=12) der Gruppen A, B und C beim Ordnen von Laubblättern der Baumarten Hainbuche, Ulme, Rotbuche und Kornelkirsche erreicht wurden. Die Differenz zwischen Pre- und Posttest ist fett hervorgehoben.

Gruppe	Hainbuche			Flatterulme			Rotbuche			Kornelkirsche			Alle Baumarten		
	Pre	Post	Diff	Pre	Post	Diff	Pre	Post	Diff	Pre	Post	Diff	Pre	Post	Diff
A	1,6	2,4	+0,8	1,4	2,4	+1	1,6	2,8	+1,2	1,8	2,6	+0,8	6,4	10,2	+3,8
B	3,2	4	+0,8	3,2	4	+0,8	3	3	0	2,8	3,2	+0,4	12,2	14,2	+2,0
C	3,2	4	+0,8	3,2	4	+0,8	3,2	2,8	-0,4	3,2	2,8	-0,4	12,8	13,6	+0,8

Verwendete Unterscheidungskriterien bei der Trennung zweier Baumarten

Im Vergleich zu Gruppe C (Objekt-Bild-Vergleich) zeigten sich bei Gruppe B (dichotomer Bestimmungsschlüssel) vor allem größere Fortschritte beim Gruppieren der Kornelkirschenblätter, also beim Erkennen und Anwenden des Kriteriums Blattadern. Beide Gruppen zeigten gleich große Verbesserungen beim Gruppieren der Ulmenblätter. Deshalb sollen im Folgenden anhand der Trennung der Baumarten Rotbuche und Kornelkirsche (Tabelle 46) sowie Flatterulme und Hainbuche (Tabelle 46) die verwendeten Unterscheidungskriterien betrachtet werden.

Tabelle 46: Kriterien, die von den Kindern (N=12) zur Trennung der Baumarten Rotbuche (c) und Kornelkirsche (d) verwendet wurden und die Punktzahl, die sie dabei erreichten. Volle Punktzahlen und Verwendung des Hauptkriteriums „Blattadern“ sind fett gedruckt.

Kind	Punkte im Pretest		Kriterien im Pretest	Punkte im Posttest		Kriterien im Posttest	Entwicklung
	c	d		c	d		
A1	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0
A2	0,4	0,4	Blattadern	1	1	Blattadern, Blattspitze	+ 1,2
A3	0,2	0,2	-	1	1	Blattadern	+ 1,6
A4	0,8	1	Blattspitze	0,6	0,4	Blattadern	- 0,8
B1	1	1	Blattadern	1	1	Blattadern	0
B2	1	0,8	Blattadern, Blattspitze	1	1	Blattadern	+0,2
B3	0,8	0,8	Blattspitze,	1	1	Blattadern,	+ 0,4

Kind	Punkte im Pretest		Kriterien im Pretest	Punkte im Posttest		Kriterien im Posttest	Entwicklung
	c	d		c	d		
B4	0,2	0,2	Form/Größe	0,2	0,2	Form/Größe	0
C1	1	1	Blattadern	1	1	Blattadern, Form/Größe	0
C2	0,6	0,6	Blattspitze	0,4	0,4	Blattspitze, Form/Größe	-0,40
C3	1	1	Blattadern, Form/Größe	1	1	Blattadern	0
C4	0,6	0,6	Farbe	0,4	0,4	Blattspitze, Farbe	-0,4

Tabelle 47: Kriterien, die von den Kindern (N=12) zur Trennung der Baumarten Hainbuche (a) und Flatterulme (b) verwendet wurden und die Punktzahl, die sie dabei erreichten. Volle Punktzahlen und die Verwendung des Hauptkriteriums „Symmetrie“ sind fett gedruckt.

Kind	Punkte im Pretest		Kriterien im Pretest	Punkte im Posttest		Kriterien im Posttest	Entwicklung
	a	b		a	b		
A1	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0
A2	0,2	0,2	-	1	1	Symmetrie	+1,6
A3	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	0
A4	1	0,8	Form / Größe	1	1	Symmetrie, Blattzähne	+0,2
B1	1	1	(erst am Schluss, unsicher) Farbe, Form/Größe	1	1	Symmetrie	0
B2	1	1	Symmetrie	1	1	Symmetrie	0
B3	1	1	Symmetrie	1	1	Symmetrie	0
B4	0,2	0,2	-	1	1	Symmetrie	+1,6
C1	1	1	Symmetrie	1	1	Symmetrie	0
C2	1	1	Symmetrie	1	1	Symmetrie	0
C3	0,2	0,2	-	1	1	Symmetrie	+1,6
C4	1	1	Blattzähne	1	1	Symmetrie	0

Die Gruppen A und B machten größere Fortschritte beim Ordnen als Gruppe C. Fast nur Kinder aus den Gruppen A und B übernahmen Ausdrücke aus dem Bestimmungsweg oder den Baumbeschreibungen (Tabelle 48).

Tabelle 48: Übersicht über die Entwicklung der Punktzahlen der Kinder (N=12) der Gruppen A, B und C vom Pretest zum Posttest, Anzahl der dabei verwendeten Kriterien sowie der aus dem Schlüssel übernommenen Fachbegriffe im Posttest

	A	B	C
Entwicklung Ordnen	+3,8	+ 2,0	+ 0,8
Entwicklung Hauptkriterien	+ 5	+ 3	+ 2
<i>Anzahl im Posttest</i>	10	11	10
Entwicklung Nebenkriterien	+ 2	- 4	0
<i>Anzahl im Posttest</i>	5	2	8
Fachbegriffe aus dem Schlüssel im Posttest	4 Zähne (2x), gelappt, Adern	4 Zähne, Adern, V-Form, eingeschnitten	1 Blattadern (im Pretest bereits „Venen genannt)

4.4 Diskussion

Die explorative Studie ist als Modell für weiterführende Studien zu verstehen. Aufgrund der geringen Probandenzahl und des unterschiedlichen Ausgangsniveaus der einzelnen Gruppen sind die Ergebnisse der vorliegenden Studie weder statistisch auswertbar noch repräsentativ. Zudem zeigte sich bei einigen Kindern ein Ceiling-Effekt (Bortz & Döring 2002), d.h. entweder im Posttest oder sogar schon im Pretest wurde bei manchen Baumarten die volle Punktzahl erreicht. Dennoch zeigen die Ergebnisse interessante Tendenzen auf.

4.4.1 Unterschiede in der Verwendung von Metaphern bei Kindern und Biologen

Abweichung von der Grundform

Einfache, ungelappte Blätter werden in der Wissenschaft als die ursprüngliche Form von Laubblättern angesehen (Takhtajan 1973). Wie die vorliegende Studie zeigt, haben Kinder offensichtlich ebenfalls eine Vorstellung von einer Blattgrundform: eine spiegelsymmetrische, mehr oder weniger ovale Form mit glattem Blattrand. Dies zeigte sich immer dann, wenn Abweichungen von einer Grundform formuliert wurden: so wurde der gezähnte Blattrand als „eingeschnitten“, asymmetrische Blätter als „krumm“ oder „komisch“ beschrieben. Oder es wurde vor allem eine Ausprägung des Merkmals beschrieben, während die andere Ausprägung

als ‚normal‘ empfunden wurde. So wurden der gezähnte Blattrand und das asymmetrische Blatt viel häufiger beschrieben als das jeweilige Pendant. Dieses Phänomen konnte vor allem im Posttest bei jenen Kindern beobachtet werden, die zuvor mit Objekt-Bild-Vergleich gearbeitet hatten.

Der Begriff „gebogen / Bogen“ zeigt auf den ersten Blick eine Zugehörigkeit zu den grafischen Elementen. Auf den zweiten Blick hingegen offenbart sich ein anderer Hintergrund. Während im Bestimmungsschlüssel der Begriff „gebogen“ für die Blattadern verwendet wird, wandten die Kinder ihn im Zusammenhang mit der Blattform bei Ulme an. Selbst im Posttest fiel das Wort „Bogen“ oder „gebogen“ nicht im Zusammenhang mit den Blattadern. Die Kinder wählten stattdessen das Wort „rund“. Es scheint, dass der Begriff „gebogen“ mit einer Abweichung von der Normalform assoziiert wird. Da die Betrachtung der Blattadern für die Kinder weitgehend neu war, gab es hier keine klare Vorstellung von einer Norm. Die beiden Merkmalsausprägungen wurden daher vorrangig ohne Wertung als „gerade“ und „rund“ bezeichnet. Erst mit dem Vorwissen, dass bei den meisten Blättern die Adern mehr oder weniger gerade in Richtung Blattrand weisen und die stark gebogenen Blattadern der Hartriegel-Pflanzen, zu denen die Kornelkirsche gehört, für die Gattung spezifisch sind, wurden sie als abweichend betrachtet.

Graphische Elemente als häufigste Form der Beschreibung

Die häufigsten Metaphern der Kinder stammten aus dem Bereich der graphischen Elemente. „Spitzen“, „Zacken“, „Ringe“, „Bogen“ und „rund“ waren häufig verwendete Begriffe. Auch der Bestimmungsschlüssel arbeitet mit Begriffen wie „Spitze“ und „Bogen“ oder Adjektiven wie „rund“, „v-förmig“, „dreieckig“. Diese Beschreibungen scheinen den Kindern zu liegen. Ein beliebtes Element des Grundschulunterrichts ist das Ordnen von geometrischen Formen (Schreier 1992) und das Entdecken von geometrischen Körpern in der Umwelt (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg 2004). Beim Vergleich der Kriterien im Pretest fällt auf, dass gleich nach dem Blattrand (zwölfmal) die Länge und Breite der Blätter (zehnmal) als Kriterium verwendet wurde. Außerdem wurde dreimal die Farbe genannt, was von daher nicht wenig ist, da alle Blätter grün waren. Daraus lässt sich ableiten, dass für die Kinder das Blatt zunächst eine grüne Fläche mit einer Begrenzung darstellt, die vor allem in Farbe, Größe und Form des Blattrandes variiert.

Metaphern aus der Natur

Manche Kinder fanden neue, sehr anschauliche Vergleiche: „Regentropfen“, „Baum“, „Daumenabdruck“, „Knochen“, „Schneckenform“. Interessant ist, dass es sich um Begriffe aus der Natur, meist aus der Zoologie handelt. Die Kinder zeigten damit ein Verhalten beim Beschreiben der Laubblätter, das an jenes der Biologen erinnert.

Diese Metaphern erschienen bereits im Pretest („Venen“, „Schneckenform“), nahmen aber im Posttest zu. Vor allem kamen die im Bestimmungsschlüssel verwendeten Begriffe „(Blatt-) Adern“ und „(Blatt-) Zähne“ hinzu, was zeigt, dass der Vergleich mit Strukturen aus der Natur den Schülern durchaus lag. Das Bildhafte der Vergleiche aus der Zoologie schien den Kindern zu gefallen und sie zu eigenen Vergleichen anzuregen. Zumindest der Begriff „Zähne“ (gezählter Blattrand) scheint für die Kinder nachvollziehbar gewesen zu sein, denn er wurde von einigen Kindern, die einen dichotomen Bestimmungsschlüssel verwendet hatten, bereitwillig übernommen und manchmal sogar ausschließlich verwendet, obwohl der zuvor favorisierte Begriff „Zacken“ das Phänomen sehr treffend beschreibt: Eine Zacke ist eine „hervorragende Spitze, Zinke“ (Drosdowski 1989). Ein Stern hat Zacken, eine Krone hat Zacken: Es handelt sich in vielen Zusammenhängen um ein hervorragendes spitzes Element, das an einer größeren Form ansitzt.

Bei der Verwendung des Wortes „Zähne“ handelt es sich ebenfalls um einen Vergleich, bei dem eine äußerlich sichtbare Struktur mit einer anderen verglichen wird. Das dürfte der Grund dafür sein, dass die Kinder es annahmen. Bei den Adern verhält es sich anders. Blutgefäße sind von außen nicht in der gleichen Weise zu erkennen wie die Leitbündel eines Blattes, es bedarf genauerer Kenntnisse der Funktion und Lage von sowohl Leitbündeln als auch Adern, um eine Verknüpfung herstellen zu können. Auch der übertragen verwendete Begriff („Wasserader“, „Erzader“) entspricht kaum der Alltagswelt der Kinder, daher wurde der Begriff auch nicht konsequent von den Kindern übernommen. In diesem Fall empfanden sie die grafischen Beschreibungen „Linien“ und „Striche“ als treffender.

Metapher der gerichteten Bewegung (Verlauf)

Die Kinder begleiteten bereits im Pretest ihre Beschreibungen sehr oft mit Hand- oder Fingerbewegungen. So fuhren sie zum Beispiel mit den Fingern über die Blattadern von der Blattmitte zum Blattrand. Im Pretest verwendeten dennoch nur sehr wenige Kinder diese Metapher zum Beschreiben der Strukturen. Im Posttest wurde die Metapher häufiger verwendet und stand nun mit den Metaphern aus der Natur zusammen an zweiter Stelle. Sie wurden

offensichtlich durch die intensive Auseinandersetzung mit der Morphologie der Blätter dazu angeregt, die motorischen Unterstreichungen ihrer Beschreibungen auch verbal umzusetzen.

Einfluss der Bestimmungsübungen und der Formen von Bestimmungshilfen auf die Verwendung von Metaphern

Im Posttest wurden allgemein mehr Metaphern verwendet als im Pretest. Dies deutet darauf hin, dass die intensive Auseinandersetzung mit der Blattmorphologie zu einer größeren Vielfalt beim Beschreiben führen kann. Da es bei Gruppe C zur stärksten Metaphern-Zunahme kam, scheint der Objekt-Bild-Vergleich in dieser Hinsicht noch wirksamer zu sein als der dichotome Bestimmungsschlüssel. Der Grund könnte darin liegen, dass Kinder beim Objekt-Bild-Vergleich, im Gegensatz zu den Kindern, die vom dichotomen Bestimmungsschlüssel ein Kriterium vorgegeben bekommen, alle Details der Blätter beachten und die relevanten Unterscheidungskriterien selbst herausfiltern müssen. Dabei waren es vor allem Metaphern aus Grafik und Geometrie, die nur durch den Objekt-Bild-Vergleich gefördert wurden. Die Betrachtung von Strukturen in einer bestimmten Richtung scheint durch die Auseinandersetzung mit der Blattmorphologie, unabhängig von der Form der Bestimmungshilfe, gefördert zu werden. Ein deutlicher fördernder Einfluss des dichotomen Bestimmungsschlüssels zeigte sich bei der Verwendung von Metaphern aus der Naturkunde, was vor allem durch die Übernahme konkreter Begriffe aus dem Bestimmungsweg („Blattadern“, „Blattzähne“) bedingt war.

4.4.2 Einfluss des Bestimmungsschlüssels auf verwendete Kriterien und das Ordnen

Der Einfluss des Bestimmungsschlüssels auf die Verwendung von Kriterien konnte nur am Beispiel der Hauptkriterien *Blattadern* und *Symmetrie* untersucht werden, da das Kriterium *Blattrand* bereits zuvor schon von allen Kindern angewendet wurde. Bei den *Blattadern* war ein positiver Einfluss des dichotomen Bestimmungsschlüssels erkennbar. Während im Pretest nur die Hälfte der Kinder Blätter nach diesem Kriterium unterschieden, wendeten es im Posttest fast alle Kinder der Gruppen A und B an. In Gruppe C nahm dagegen kein Kind das Kriterium neu hinzu. Entsprechend sortierten nur Kinder der Gruppen A und B im Posttest Blätter der Kornelkirsche deutlich besser als im Pretest.

Das Kriterium *Symmetrie* wurde dagegen in allen drei Gruppen von gleich vielen Kindern neu hinzugenommen. Der Grund liegt vermutlich darin, dass im Bestimmungsschlüssel wie im Objekt-Bild-Vergleich eine Ulmenblatt-Abbildung mit stark ausgeprägter Asymmetrie gewählt wurde, die allein schon bei der Betrachtung der Abbildungen ohne Erläuterung durch den Text

sehr auffällig ist. Tatsächlich ist dieses Kriterium jedoch problematisch, wie der Praxistest (Kapitel 3.4) zeigte. Die Asymmetrie ist gerade bei jungen Ulmenblättern oft deutlich schwächer ausgeprägt, weshalb es leicht zu Fehlbestimmungen kommen kann. Asymmetrie wurde von den Kindern als Fehlbildung oder Abweichung von der normalen Blattform wahrgenommen und im Pretest seltener als Unterscheidungskriterium akzeptiert. Auch wurden die Formulierungen aus dem Schlüssel nicht übernommen. Die Kinder sprachen stattdessen von einem „Bogen“ oder wiesen auf die unterschiedliche Länge der beiden Blatthälften hin. Hier ist eine Optimierung von Bestimmungsschlüsseln zu empfehlen, die mit diesem Kriterium arbeiten. Ein alternatives Kriterium wurde von zwei Kindern gefunden: die unterschiedliche Form der Blatzzähne bei Hainbuche und Ulme.

Auch bei den Nebenkriterien *Form / Größe, Farbe* und *Spitze* war ein Einfluss zu erkennen. Nach Umgang mit dichotomen Bestimmungsschlüsseln verwendeten die Kinder diese Kriterien seltener im Vergleich zu vorher und im Vergleich zu Kindern, die mit Objekt-Bild-Vergleich gearbeitet hatten. Bei diesen Kriterien handelt es sich um variable, individuelle und nicht artspezifische Unterschiede zwischen Laubblättern, die als Unterscheidungskriterien nicht oder nur bedingt geeignet sind. Dass gleichzeitig die Leistung im Sortieren in den Gruppen A und B tendenziell stärker anstieg als in Gruppe C deutet darauf hin, dass die Verwendung von Nebenkriterien beim Ordnen von Laubblättern einen eher negativen Effekt hat. Die Vorgabe von Kriterien in einem dichotomen Bestimmungsschlüssel scheint Kindern dabei zu helfen, sich für die Verwendung sinnvoller Unterscheidungskriterien zu entscheiden oder zumindest für Kriterien, die sie aus dem Bestimmungsschlüssel kennen.

Die Beschreibung nur einer Merkmalsausprägung (siehe Kapitel 4.3.2) blieb in den Gruppen A und B gleich, nahm jedoch in Gruppe C stark zu. Möglicherweise lernen Kinder von einem dichotomen Bestimmungsschlüssel, jeweils zwei Ausprägungen eines Merkmals zu beschreiben, während Kinder beim Objekt-Bild-Vergleich lernen, ein Objekt anhand einer auffälligen Merkmalsausprägung aus einer Gruppe ähnlicher Objekte zu isolieren.

4.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Studie

Gemäß der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens denken Kinder beim Beschreiben von Blättern in Metaphern (Gropengießer 2007). Diese helfen ihnen, bislang unbekannte oder abstrakte Sachverhalte wie Details der Blattmorphologie und Unterschiede zwischen Blättern verschiedener Baumarten zu begreifen. In der Studie verwendeten die Kinder von sich aus vor allem Begriffe aus Geometrie und Grafik. Zu den Inhalten der Bildungsstandards für das Fach Mathematik in der Grundschule gehört das Entdecken geometrischer Körper, Formen und

Figuren in der Umwelt und das Untersuchen von Mustern, aber auch das Schätzen von Längen und der Vergleich von Gegenständen (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg, 2004). Ein wesentliches Element beim Zeichnen von Naturobjekten im Biologie- und Naturkundeunterricht ist das Finden bekannter Grundformen (Horn 2006). Daher ist es naheliegend, dass Kinder diese Prinzipien auch beim Vergleich von Laubblättern anwenden. Die intensive Auseinandersetzung mit Laubblättern in den Bestimmungsübungen der Studie förderte die differenzierte Beschreibung von Unterschieden. Bereits vorhandene Erfahrungen mit dem Zeichnen von Naturobjekten führten zu einem weiteren Metaphernbereich: den des Verlaufs von Strukturen. Beim Zeichnen werden die Blattstrukturen in einer bestimmten Richtung aufgebaut (vgl. Horn 2006), normalerweise von der Basis zur Spitze und von der Mittelrippe zum Blattrand. Dieser Verlauf äußerte sich nun wesentlich häufiger in den Beschreibungen der Kinder, unabhängig von der dabei verwendeten Bestimmungshilfe. Auch der Größenvergleich nahm stark zu – aber nur bei Kindern, die zuvor mit Objekt-Bild-Vergleich gearbeitet hatten. Die Erfahrung mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel dagegen führte zu einer Abnahme der als Unterscheidungskriterien wenig geeigneten Größenvergleiche zugunsten anderer, zuverlässigerer Kriterien.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein dichotomer Bestimmungsschlüssel das kriteriengeleitete Vergleichen fördert (vgl. Hammann 2002), indem Kinder lernen,

- (a) Kriterien durch Beschreibung zweier korrespondierender Merkmalsausprägungen, also kriterienstet, anzuwenden
- (b) geeignete Kriterien zu erkennen und dafür Kriterien, die auf unsicheren Merkmalen beruhen, wieder aufzugeben.

Allgemein führten Bestimmungsübungen zu einer größeren Sprachvielfalt beim Beschreiben von Unterschieden durch eine Zunahme von Metaphern. Obwohl Kinder, die mit Objekt-Bild-Vergleich gearbeitet hatten, die meisten Metaphern verwendeten und es bei ihnen im Posttest zum stärksten Anstieg der Metaphern kam, zeigten sie geringere Verbesserungen beim Ordnen der Blätter als Kinder, die einen dichotomen Bestimmungsschlüssel verwendet hatten. Der Erfolg beim Sortieren scheint also weniger von der Quantität als vielmehr von der Qualität der verwendeten Metaphern und Kriterien abhängig zu sein. Diese kann durch dichotome Bestimmungsschlüssel gefördert werden.

5 Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können Anregungen für den auf Bestimmungsübungen vorbereitenden Unterricht sowie für die Optimierung und Neuentwicklung von Bestimmungshilfen geben. Außerdem bieten sie Ansatzpunkte für weiterführende Studien in der Lernforschung.

5.1 Anregungen für den vorbereitenden Unterricht

Mit Bestimmungskriterien vertraut machen

Im Praxistest zeigte sich, dass die Kinder mit den Kriterien Blattstellung und Blattaufteilung immer wieder Probleme hatten, obwohl diese zuvor erklärt worden waren. Beim Ordnen von Laubblättern wurden Details der Blätter wie Blattadern zunächst kaum beachtet, nach Erfahrung mit einem Bestimmungsschlüssel jedoch oft als Kriterien herangezogen. Vor dem Einsatz eines Bestimmungsschlüssels ist daher eine Auseinandersetzung mit Unterscheidungskriterien unbedingt notwendig. Zunächst müssen Kinder lernen, mehrere Blätter eines Baumes zu vergleichen, um die Gültigkeit eines Kriteriums zu überprüfen und zwischen artspezifischen Unterschieden und natürlichen Variabilitäten zu unterscheiden. Werden artspezifische Merkmale erkannt, geht es darum, zu entscheiden, welche davon als Kriterien geeignet sind. Dazu bietet es sich an, die Kinder einfache Bestimmungsschlüssel für Objekte wie Knöpfe, Nudeln oder Münzen selbst erstellen zu lassen (Staeck 1999).

Fantasie anregen

Für das Verständnis mancher Metaphern aus der Biologie bedarf es nicht nur des Fachwissens, sondern auch einiger Fantasie, zum Beispiel beim Vergleich von Blattrandstrukturen mit Zähnen. Solche Vergleiche kommen den Kindern entgegen, da sie sich meist mehr für Tiere als für Pflanzen interessieren (Gebhard 2009). Die Empfänglichkeit der Kinder für solche Metaphern äußerte sich in der Studie in der Formulierung anschaulicher Vergleiche der Blattformen und -strukturen mit Schnecken und Knochen. Das Verständnis für diese Metaphern und das Finden eigener Metaphern könnte gefördert werden, indem die Kinder als Vorbereitung auf die Bestimmungsübungen angeregt werden, für Blattstrukturen bildhafte Umschreibungen aus der Natur zu finden.

Zeichnen

Von sich aus verwendeten Kinder beim Beschreiben von Laubblättern viele graphische Begriffe und übernahmen aus dem Bestimmungsschlüssel bereitwillig die Metapher des Verlaufs von Strukturen, die möglicherweise ihren Ursprung im wissenschaftlichen Zeichnen hat. Außerdem war zu beobachten, dass die meisten Kinder in den Interviews mit ihrem Finger Strukturen der Blätter nach"zeichneten". Im Hinblick auf die verwendeten Metaphern in Bestimmungsschlüsseln kann das Zeichnen dazu beitragen, die Perspektive der (zeichnenden) Biologen besser zu verstehen, wenn im Bestimmungsschlüssel Lagebezeichnungen des Blattes und der Verlauf von Strukturen formuliert werden. Die Bereitwilligkeit der Kinder, die Strukturen des Blattes motorisch und sprachlich in Bewegungen umzusetzen, kann für die Vorbereitung auf eine Unterrichtseinheit zur Baumbestimmung aufgegriffen werden, indem sie dazu angeregt werden, Blätter zu ordnen und die dabei angewendeten Unterscheidungskriterien sowohl zeichnerisch als auch verbal zum Ausdruck zu bringen. Schon das Zeichnen eines Blattes regt zum genauen Betrachten an und gewährt Einblicke in die Struktur (vgl. Horn 2006). Die zeichnerische Darstellung von Unterscheidungskriterien beinhaltet eine starke Abstraktion der Blattmorphologie, die modellhafte und theoretische Denkweisen beim Vergleichen von Objekten allgemein fördern kann (vgl. Horn 2006).

5.2 Anregungen für die Optimierung von Bestimmungshilfen

Die Ergebnisse der explorativen Studie deuten darauf hin, dass das Verwenden eines dichotomen Bestimmungsschlüssels das kriteriengeleitete Vergleichen (vgl. Hammann 2002) fördern könnte und daher im Grundschulunterricht dem Objekt-Bild-Vergleich vorzuziehen wäre. Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass sich das Konzept einer kindgerechten, individualisierbaren dichotomen Bestimmungshilfe für die Handhabung im Unterricht bewährt hat. Sie zeigen jedoch auch Möglichkeiten auf, kindgerechte Bestimmungshilfen weiter zu optimieren.

Verwendete Kriterien und Formulierungen

Im Praxistest gab es bei manchen Bestimmungskriterien mehr Fehlbestimmungen als bei anderen. Vor der Veröffentlichung eines Bestimmungsschlüssels ist es daher sinnvoll, Kriterien mit Kindern zu testen, um sie auf Verständlichkeit und Erkennbarkeit am Originalobjekt zu prüfen. So wurden bei manchen Kriterien die vorgegebenen Metaphern bereitwillig in die Sprache übernommen, bei anderen Kriterien blieben die Kinder in ihrem eigenen

Metaphernsystem. Hatten sie Erfahrung mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel, verwendeten sie nun aus der Natur stammende Metaphern wie *Zähne* und *Adern*. Parallel dazu blieben sie jedoch bei ihren Begriffen aus Geometrie oder Grafik wie *Zacken* und *Linien*, bei denen sie sich offensichtlich sicherer fühlten. Es ist daher wichtig, dass ein Bestimmungsschlüssel sich sowohl aus wissenschaftspropädeutischen Gründen (Langlet 2006) an der Fachsprache als auch aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und Vertrautheit an der erfahrungsbasierten Metaphernverwendung (vgl. Gropengießer 2007) der Kinder orientiert.

Individualisierbarkeit

Die Funktionen des Bestimmungsschlüssel-Bausatzes kamen sehr gut an und wurden rege genutzt. Manche Lehrpersonen fühlten sich jedoch durch die Möglichkeit zur Anpassung der Artenauswahl überfordert und wünschten sich fertige Zusammenstellungen zum Beispiel der wichtigsten heimischen Bäume. Die Nutzungsanleitung muss daher so anschaulich wie möglich sein, damit die Möglichkeiten und Vorteile der Individualisierung verständlich werden. Es ist auch zu überlegen, Artenlisten für thematische Zusammenstellungen, zum Beispiel standortheimische Baumarten, asiatische / amerikanische Baumarten, Obstbäume oder Rosengewächse anzubieten. Die Datenbankbasierung macht grundsätzlich noch weitere Individualisierungen denkbar. So könnte man die Inhalte in unterschiedlichen Darstellungsformen (synoptische Tabelle, dichotomer Schlüssel oder Flussdiagramm) anbieten.

Die Analyse der Nutzung hat gezeigt, dass die Zielgruppe der Bestimmungshilfe eine viel weitere Altersspanne als erwartet hat. Dadurch erhöhen sich die Ansprüche an die Gestaltung, die einerseits ansprechend und verständlich für Grundschul Kinder, andererseits für Jugendliche und Erwachsene nicht zu kindlich sein soll. Von Vorteil könnte hier eine weitere Individualisierung wie zum Beispiel die Möglichkeit, das Eichhörnchen auszublenden, sein. Eine höhere Transparenz der Inhalte durch Zusatzfunktionen wie Suchfunktion, Glossar und Hilfefenster wurde in allen Altersgruppen ausdrücklich gewünscht.

5.3 Anregungen für weiterführende Studien

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen dafür, weiterführende Studien mit höherer Probandenzahl durchzuführen. Um den Ceiling-Effekt zu vermeiden oder abzuschwächen, könnte man das Anspruchsniveau anheben, indem man eine größere Anzahl unterschiedlich leicht zu bestimmender Arten verwendet. Dadurch ergäbe sich die Möglichkeit, zusätzliche Kriterien und Metaphern zu erheben. Auf Basis von Eikes Baumschule gibt es mittlerweile auch Bestimmungshilfen für Nadelbäume („Eikes Nadelbäume“, www.bio-div.de/nbaum/; Risch

2006) und für Wiesenpflanzen („Floras Pflanzenwelt“, www.bio-div.de/wiese_fr/; Denzel 2009; Weintraut-Honc 2009; Pfeiffer 2011), die sich an die gleiche Zielgruppe wenden. Sie bieten die Möglichkeit, die Studie zum Beispiel anhand von vegetativen Merkmalen krautiger Pflanzen durchzuführen oder die Wirkung von Bestimmungsschlüsseln auch im bilingualen Unterricht zu erforschen.

Die Bereitschaft der Kinder, den Verlauf von Strukturen durch Handbewegungen und Beschreibungen wiederzugeben, könnte genutzt werden, um zusätzlich zur verbalen Beschreibung das Zeichnen als Erhebungsmittel zu verwenden (Holthusen 2002) und so zu untersuchen, ob die Fähigkeit zum Ordnen mit der Fähigkeit zur visuellen Wiedergabe von Strukturen einhergeht und welchen Einfluss der Bestimmungsschlüssel darauf hat.

6 Literatur

- Baum, B. & Lehnert, H.-J. (1999): Eine kindgerechte Bestimmungshilfe für Laubbäume. <http://web.uni-frankfurt.de/fb15/didaktik/Baum/baumsite.html>.
- Blinkert, B., Reidl, K. & Schemel H.-J. (2005): Naturerfahrungsräume im besiedelten Bereich. Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojekts. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 37 (1), 5-14.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002): Forschungsmethoden und Evaluation. 3. Auflage. Springer Verlag, Heidelberg.
- Brohmer, P. & Schaefer, M. (2009): Brohmer Fauna von Deutschland. Ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt. 23. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2006): IT-Ausstattung der allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen in Deutschland. Bonn, Berlin. - http://www.bmbf.de/pub/it-ausstattung_der_schulen_2006.pdf. (Zuletzt aufgerufen im November 2012).
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2002): Bundeswaldinventur 2. - <http://www.bundeswaldinventur.de>. (Zuletzt aufgerufen im November 2012).
- Chinery, M. (2012): Pareys Buch der Insekten. 2. Auflage. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Civelli, S. (1992): "...mehr Bäume, mehr Wiesen und mehr Menschen, die wir kennen..." Der Schulweg als Lernfeld. Schulwegerlebnisse und -erfahrungen von Zürcher Primarschülern. Dissertation. Universität Zürich.
- Denzel, S. (2009): Erstellen eines web-basierten Pflanzenbestimmungsschlüssels für den bilingualen MeNuK Unterricht in der Primarstufe. Wissenschaftliche Hausarbeit, unveröffentlicht. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Dreyer, E. & W. (2003): Bäume Sicher bestimmen mit Foto und Zeichnung. 2. Auflage. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Dreyer, E. & W. (2009): Der Kosmos-Waldführer. 4. Auflage. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Drosdowski, G. (1989): Duden Das Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache. Dudenverlag, Mannheim, Wien, Zürich.

- Feketitsch, D (2005): Eikes Baumschule. Pädagogische Hochschule Karlsruhe. - <http://baum.bio-div.de>. (Zuletzt aufgerufen im Februar 2013).
- Fitschen, J. (2002): Gehölzflora. 11. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Fitschen, J., Schmeil, O. & Seybold, S. (2006): Flora von Deutschland und angrenzender Länder. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Flämig, K. & Vogt, H. (1998): Systematische Pflanzenbestimmung im Grundschulunterricht. Ein Gehölz-Bestimmungsschlüssel für die 4. Jahrgangsstufe. In: I D B Münster • Ber. Inst. Didaktik Biologie 7, 87 – 113.
- Gagné, R.; Briggs, L. & Wagner W. (1988): Principles of Instructional Design. Rinehart and Winston, New York.
- Gebhard, U. (2009): Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung, 3. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage, Wiesbaden.
- Godet, J.-D. (1987): Bäume und Sträucher: einheimische und eingeführte Baum- und Straucharten. Weltbild-Verlag, Augsburg.
- Götz, E. (2000): Pflanzen bestimmen mit dem PC. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Graf, D. (1989): Begriffslernen im Biologieunterricht der Sekundarstufe 2. Universität Gießen. URL: http://www.biologie.uni-dortmund.de/graf/diss_graf.pdf. (Zuletzt aufgerufen im November 2012).
- Grey-Wilson, C. & Blamey, M. (1980): Pareys Bergblumenbuch. Parey, Hamburg.
- Gropengießer, Harald (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: Krüger, Dirk & Vogt, Helmut (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer, Heidelberg.
- Grupe, H. (1971): Biologie-Didaktik. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Gurk, C. & Hepp, C (2004 - 2012): Baumkunde.de. Online-Datenbank für Bäume und Sträucher. - www.baumkunde.de. (Zuletzt aufgerufen im November 2012).
- Haag, H. & Schadwinkel, S. (2008): Mein erstes Welcher Baum ist das? Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Hamann, M. (2002): Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht. Studienverlag, Innsbruck.

- Hecker, U. (2008): *Einheimische Laubgehölze nach Knospen und Zweigen bestimmen*. 2. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Hess, D. (2004): *Allgemeine Botanik*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Hesse M. (1984): Empirische Untersuchungen zum Biologie-Interesse bei Schülern der Sekundarstufe I. In: *Naturwissenschaft im Unterricht - Biologie* 32 (10), 344 – 350.
- Hesse, M. (1983): Artenkenntnis bei Studienanfängern. In: *Der Biologieunterricht* BU 19 (4) 94 – 100.
- Holthusen, K. (2002): Zeichnen im Biologieunterricht. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 89-100.
- Horn, F. (2006): Protokollieren, Zeichnen, Mathematisieren. In: Gropengießer, G. & Kattmann, H. (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie*, 7. Auflage, 275 - 280. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Kennedy, C. E. J. & Southwood, T. R. E. (1984): The number of species of insects associated with british trees: a re-analysis. *Journal of Animal Ecology* 53, 455-478.
- Klee, R. & Weiß, J. (1995): Beschäftigung mit Arten sowie Handeln in Natur- und Umweltschutz – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: *MNU* 48 (5), 298 – 304.
- Köhler, K. (2004): Welche fachgemäßen Arbeitsweisen werden im Biologieunterricht eingesetzt? In: Spörhase-Eichmann, U. & Ruppert, W. (Hrsg.): *Biologie Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin.
- Köhnlein, W. (1992): Wege des Ordens: Zusammenhänge herstellen. In: Lauterbach, R., Köhnlein, W., Spreckelsen, K. & Klewitz, E. (Hrsg.): *Wege des Ordens. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts*, Band 2. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel.
- Köhnlein, W. (1999): Vielperspektivisches Denken - eine Einleitung. In: Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.): *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*, Band 3. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn.
- Krapp, A. & Ryan, R.M. (2002): Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. In: Jerusalem, M. & Hopf, D. (Hrsg.): *Zeitschrift für Pädagogik. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*. 44. Beiheft. 54-82.
- Krüger, D. & Burmester, A. (2005): Wie Schüler Pflanzen ordnen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 11, 85-102.

- Kuckartz, U.; Dresing, Th.; Rädiker, S.; Stefer, C. (2007): *Qualitative Evaluation – Der Einstieg in die Praxis*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Kull, U. (1993): *Grundriss der Allgemeinen Botanik*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- Langlet, J. (2006): *Wissenschaftspropädeutik*. In: Gropengießer, H. & Kattmann, U (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie*, 66 - 83. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Lauber, K. und Wagner, G. (2005): *Flora Helvetica 2.1 CD-ROM*. Haupt-Verlag, Bern.
- Laudert, D. (2004): *Mythos Baum*. BLV, München.
- Lehnert, H.-J. (2001): *Pflanzen und Tiere auf dem Schulweg*. In: Ringvorlesung Sachunterricht: *Lernfeld Raum. Dokumentation einer Veranstaltung im WS 1999/2000*. Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- Lehnert, H.-J. (1999): *Botanische Formenkenntnisse von Studienanfängern*. In: Lehnert, H. J. & Ruppert, W. (Hrsg.): *Zwischen Wissenschaftsorientierung und Alltagsvorstellungen. Frankfurter Beiträge zur biologischen Bildung 1*. J. W. Goethe-Universität, Frankfurt/M..
- Lindemann-Matthies, P. (2002): *Wahrnehmung biologischer Vielfalt im Siedlungsraum durch Schweizer Kinder*. In: Klee, R. & Bayrhuber, H. (Hrsg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Studienverlag, Innsbruck.
- Lindemann-Matthies, P. (2010): *Wahrnehmung und Wertschätzung biologischer Vielfalt*. In: *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 155 (1/2), 13-19.
- Lüder, R. (2009): *Grundkurs Gehölzbestimmung*. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Lüttge, U.; Kluge, M. & Bauer, G. (2005): *Botanik*. 5. Auflage. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Masuch, A. (2004): *Wie Kinder die Welt sehen - Vorstellungen von Grundschulern zu Veränderungen von Laubbäumen im Jahreszeitenwechsel*. Wissenschaftliche Hausarbeit, unveröffentlicht. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Mayer, J. (1992): *Formenvielfalt im Biologieunterricht. Ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel.
- Mayer, J. (2006): *Freiland, Umweltzentren und Lernlabore*. In: Gropengießer, H. & Kattmann, U. (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie*, 422. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Mayer, R. & Moreno, R. (2003): *Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning*. In: *Educational Psychologist*, 38 (1), 43 – 52.

- Millennium Ecosystem Assessment (2003): Ecosystem and Human Well-Being: a Framework for the Assessment. Island Press, Washington.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Erziehung und Unterricht (2004a): Bildungsplan 2004 Grundschule. Stuttgart.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Erziehung und Unterricht (2004b): Bildungsplan 2004 Hauptschule. Stuttgart.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Erziehung und Unterricht (2004c): Bildungsplan 2004 Realschule. Stuttgart
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Erziehung und Unterricht (2004d): Bildungsplan 2004 Gymnasium. Stuttgart.
- More, D. & White, J. (2005): Die Kosmos Enzyklopädie der Bäume. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Müller, H. J. (Hrsg.) (1990): Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. Bildtafeln für zoologische Bestimmungsübungen und Exkursionen. 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Münz, S. (2007): SELFHTML - [Http://de.selfhtml.org](http://de.selfhtml.org). (Zuletzt aufgerufen im November 2012).
- Naturfreundejugend Deutschlands (Hrsg.) (2007): Umweltdetektiv Bäume bestimmen. Naturfreundejugend Deutschlands, Remagen.
- Niegemann, H. et al. (2008): Kompendium multimediales Lernen. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Nultsch, W. (2001): Allgemeine Botanik. 11. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Pfeiffer, A. (2011): Eine digitale Bestimmungshilfe für den bilingualen Unterricht. Wissenschaftliche Hausarbeit, unveröffentlicht. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Pfligersdorffer, G. (2006): Computer und Internet. In: Fachdidaktik Biologie. Gropengießer, G. & Kattmann, U. (Hrsg.). Aulis Verlag Deubner, Köln.

- Phillips, R. (2004): Der große Kosmos-Naturführer Bäume. 7. Auflage. Franck-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Pilgrim, S.E.; Cullen, L. C.; Smith, D. J. & Pretty, J. (2008): Ecological Knowledge is Lost in Wealthier Communities and Countries. In: *Environmental Science & Technology* 42 (4), 1004-1009.
- Randler, C. & Metz, K. (2005): Zusammenhänge zwischen Artenkenntnis und Artnamen. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule* 54 (6), 41-42.
- Risch, V. (2005/06): Erstellung einer web-basierten Bestimmungshilfe für Nadelbäume für die Sekundarstufe. Wissenschaftliche Hausarbeit, unveröffentlicht. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Scherf, G. (1988): Kenntnis häufiger Pflanzen des Straßenrandes und Vorstellungen über Pflanzen bei 9-12jährigen Schülern und bei jungen Erwachsenen (Lehramtsstudenten und Schüler einer Fachakademie für Sozialpädagogik). In: *SMP* 16 (5), 196-204.
- Schneider, V. (o.J.) Baumschlau Drehfix. Becker Joest Volk Verlag, Hilden.
- Schnotz, W. (2005): An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: Mayer, R. E. (Hrsg.): *The Cambridge handbook of multimedia learning*. 49-67. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schreier, H. (1992): Ordnen und die Herstellung von Sinnzusammenhängen. In: Lauterbach, R., Köhnlein, W., Spreckelsen, K. & Klewitz, E. (Hrsg.): *Wege des Ordners. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 2*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel.
- Schütt, P.; Schuck, H.J. & Stimm, B. (Hrsg.) (1992): *Lexikon der Baum- und Straucharten Das Standardwerk der Forstbotanik*. Wiley VCH, Weinheim.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2008): *Dataset - IT-Ausstattung der Schulen. Schuljahr 2007/2008*
- http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_12_08-Dataset-IT-Ausstattung-07-08.pdf. (Zuletzt aufgerufen im November 2012.)
- Seybold, S. (Hrsg.) (2001): *Schmeil-Fitschen interaktiv. Flora von Deutschland und angrenzender Länder*. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.

- Simmons, D. A. (1994): A Comparison of Urban Children's and Adults' Preferences and Comfort Levels of Natural Areas. In: *Environmental Education and Information*, 13 (4), 399 – 414.
- Sitte, P.; Ziegler, H.; Ehrendorfer, F. & Bresinsky, A. (1998): *Strasburger Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 34. Auflage, bearbeitet von Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Sonnefeld, U. & Kattmann, U. (2002): Lebensräume helfen ordnen: Schülerinnen und Schüler klassifizieren Wirbeltiere. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 8, 2002, S. 23 – 31.
- Spohn, M.; Aichele, D.; Golte-Bechtle, M. & Spohn, R. (2008): *Was blüht denn da?* 58. Auflage. Frankh-Kosmos-Verlag, Stuttgart
- Stadt Karlsruhe, Gartenbauamt (Hrsg.) (1998): *Bäume in unserer Stadt*. Broschüre. Karlsruhe.
- Staeck, L. (1999): Laubbäume erkennen und benennen: Erstellen eines Bestimmungsschlüssels. Unterrichtsmodell für die Klassen 5-7. In: *Web Units Biologie*. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Stichmann, W. (1970): *Biologie*. Pädagogischer Verlag Schwann, Düsseldorf.
- Stichmann, W. (1994): Rolle der Formenkenntnis im Biologieunterricht. In: Stichmann, W. (Hrsg.): *Formenkenntnis. Sammelband.UB, 2-5*.
- Stichmann, W.; Stichmann-Marny, U. (1992): Pflanzenkenntnis durch Anschauung und Stützwissen. In: *Unterricht Biologie*, 16 (176), 18-21.
- Sturm, H. (1982): Formenkenntnis. Basisartikel zum Thema des Heftes. In: *Unterricht Biologie* 6 (68), 2-13.
- Takhtajan, A. (1973): *Evolution und Ausbreitung der Blütenpflanzen*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Tergan, S.-O. (1997): Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In: L. J. Issing, P. Klimsa: *Informationen und Lernen mit Multimedia*, 123-137. PsychologieVerlagsUnion, Weinheim.
- Unterbruner, U. (2006): *Umweltbildung*. In: Ruppert, W. & Spörhase-Eichmann, U. (Hrsg.): *Biologiedidaktik*. Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin.
- Unterbruner, U.; Unterbruner, G. & Seibt, M. (2000): *Abenteuer Wald (CD-ROM)*. Veritas, Linz und Cornelsen, Berlin.

- Voake, C. (2011): Linde, Weide, Apfelbaum. Bäume bestimmen mit Kindern. Gerstenberg Verlag, Hildesheim.
- Wagenitz, G. (1996): Wörterbuch der Botanik. Morphologie, Anatomie, Taxonomie, Evolution. Die Termini in ihrem historischen Zusammenhang. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Walter, D. E. & Winterton, S. (2007): Keys and the Crisis in Taxonomy: Extinction or Reinvention? In: Annual Review of Entomology 52,193-208.
- Weidenmann, B. (1994): Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen. Huber, Bern.
- Weidenmann, B. (2001): Lernen mit Medien. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie, 4. Auflage. Beltz Verlag, Weinheim.
- Weintraut-Honc, E. (2008/09): Erstellung einer web-basierten Bestimmungshilfe für ausgewählte Wiesenpflanzen für die Grundschule. Wissenschaftliche Hausarbeit, unveröffentlicht. Pädagogische Hochschule Karlsruhe.

Verwendete Grundschulbücher

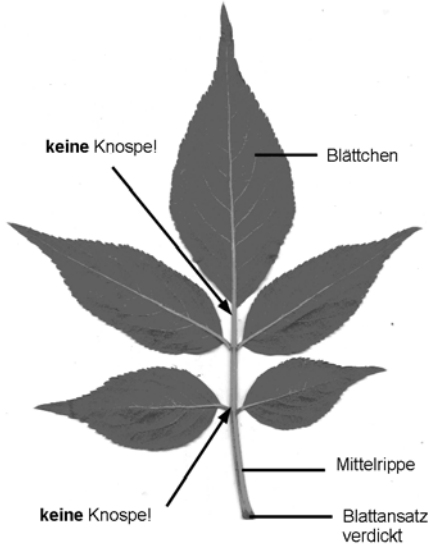
- Bayer, G. et al. (2004): Jo-Jo 2 Mensch, Natur und Kultur. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Boxberg, W. et al. (2004): Jo-Jo 1 Mensch Natur Kultur. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Buck, S. (1997): Bausteine Sachunterricht 2 Baden-Württemberg. Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt am Main.
- Djuga, G. et al. (2004): Pusteblume 1, Mensch, Natur und Kultur, Das Schulbuch, Schroedel Verlag, Hannover.
- Dorst, G. et al (2001): Lollipop 3, Sprach-Sach-Buch Ausgabe B, Cornelsen-Verlag, Berlin.
- Gebauer, M. (Hrsg.) (2005): Duden Sachunterricht 1. Duden-Paetec, Berlin.
- Gebauer, M. (Hrsg.) (2005): Duden Sachunterricht 2. Duden-Paetec, Berlin.
- Gebauer, M. (Hrsg.) (2006): Duden Sachunterricht 3. Duden-Paetec, Berlin.
- Klier, W.; Mücksch, R. & Siller, R. (2001): Der Tausendfüßler Heimat und Sachunterricht, 2. Schuljahr. Auer Verlag, Donauwörth.
- Kraft, D. (Hrsg.) (2004): Pusteblume 2, Mensch, Natur und Kultur, Das Sachbuch. Schroedel, Hannover.

- Meyer, R. (2002): Mobile 3, Heimat- und Sachunterricht, Bayern. Westermann Verlag, Braunschweig.
- Meyer, R. (2004): Mobile 1, Mensch, Natur & Kultur Baden-Württemberg. Westermann Verlag, Braunschweig.
- Meyer, R. (2004): Mobile 2, Mensch, Natur & Kultur Baden-Württemberg. Westermann Verlag, Braunschweig.
- Pommerening, R. (Hrsg.) (1997/1): Pustebblume, Das Sachbuch 1, Schroedel Verlag, Hannover.
- Pommerening, R. (Hrsg.) (1997/2): Pustebblume, Das Sachbuch - Arbeitsheft 2. Schroedel Verlag, Hannover.
- Pommerening, R. (Hrsg.) (1997/3): Pustebblume, Das Sachbuch 2. Schroedel Verlag, Hannover.
- Renatus, K. et al (1997): Sachfuchs Klasse 2 Baden-Württemberg. Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
- Ritter, H. & Schrenk, M. (Hrsg.) (2006): Mensch, Natur und Kultur Band 4 Schülerbuch. Auer Verlag, Donauwörth.
- Ritter, H. (Hrsg.) (2005): Mensch, Natur und Kultur Band 3 Schülerbuch (2005). Auer Verlag, Donauwörth.
- Wedekind, H. (1997): Bücherwurm, Mein Sachbuch 2 + Arbeitsheft (1997). Klett Verlag, Stuttgart.

Anhang I: Informationstafeln aus den Bestimmungsübungen

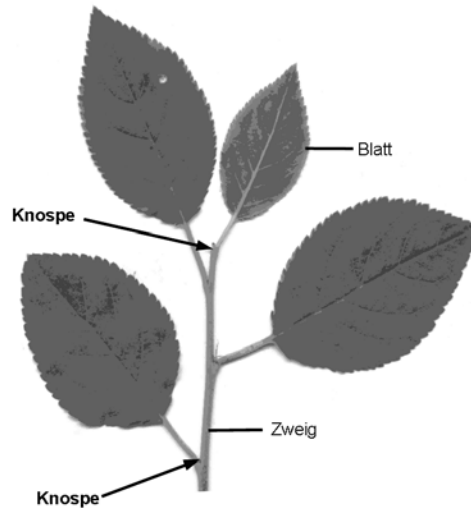
1. Erläuterung des Unterscheidungskriteriums „Blattaufteilung“: „Zusammengesetztes Blatt“ (Tafel 1a) und „Zweig mit einfachen Blättern“ (Tafel 1b).

Tafel 1a: Zusammengesetztes Blatt



D. Feketttsch, FH Karlsruhe 2005

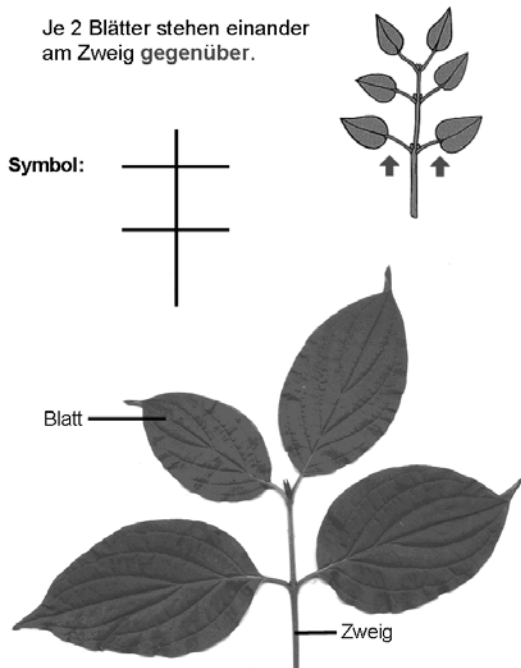
Tafel 1b: Zweig mit einfachen Blättern



D. Feketttsch, FH Karlsruhe 2005

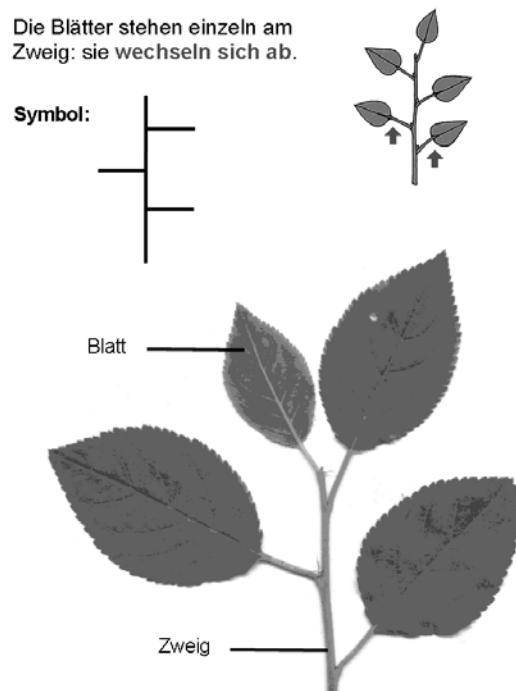
2. Erläuterung des Unterscheidungskriteriums „Blattstellung“: „gegenständiges Blatt“ (Tafel 2a) und „wechselständiges Blatt“ (Tafel 2b)

Tafel 2a: Gegenständige Blätter



D. Feketttsch, FH Karlsruhe 2005

Tafel 2b: Wechselständige Blätter



D. Feketttsch, FH Karlsruhe 2005

Anhang II: Protokollformblatt der Bestimmungsübungen im Praxistest

Station ___ Baum Nr. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Gruppe:

1 t₀t₁Ergebnis

2 t₀t₁Ergebnis

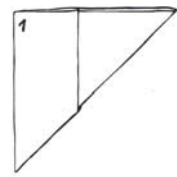
3 t₀t₁Ergebnis

4 t₀t₁

Ergebnis

Anhang III: Arbeitsanweisung für die Bestimmungsübung im Praxistest

Mit Eike Bäume kennen lernen

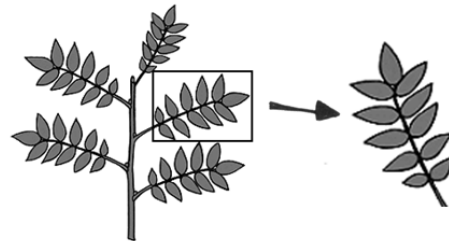
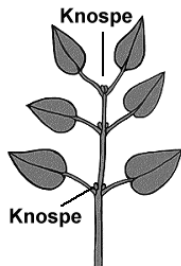


1. Schreibt die Nummer 1 auf eure Papiertüte.

2. Geht mit der Papiertüte und einem Stift zu **Baum (1)**. Betrachtet einen Zweig.

Sind die Blätter **einfach** (aus einem Stück)

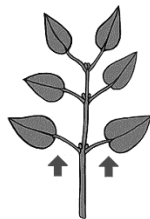
oder aus vielen Blättchen **zusammengesetzt**?



Bei einem **Zweig** sitzt an jedem Blattansatz eine Knospe. Ein **zusammengesetztes Blatt** hat keine Knospen.

3. Sind die Blätter

gegenständig



oder **wechselständig**

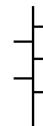


angeordnet?

Zeichnet



für gegenständig oder



für wechselständig

hinter die 1.

4. Nehmt **2 oder 3 Blätter** und legt sie in die Tüte.

Achtung! Bei **zusammengesetzten Blättern** nehmt ein ganzes Blatt mit vielen Blättchen.

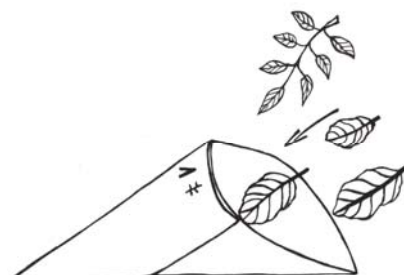
5. Geht zurück zu eurer Station. Sagt eurer **Stationsleiterin**, dass ihr mit Baum (1) anfangt.

6. Geht an euren Computer und findet den **Namen des Baums** heraus. Schreibt ihn hinter Nummer 1.

7. Sagt eurer **Stationsleiterin**, wie euer Baum heißt.

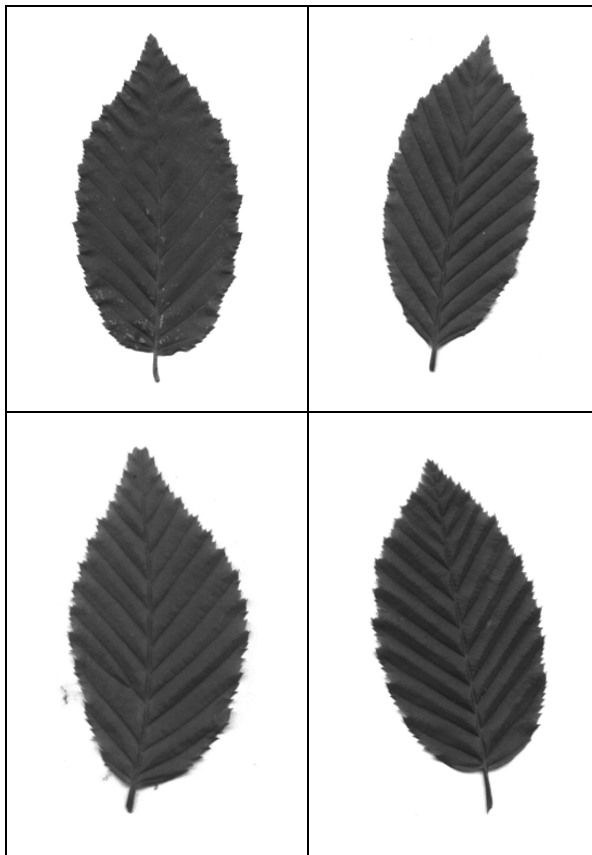
8. Nun könnt ihr mit **Baum (2)** beginnen!

(alle Abbildungen: eigene Darstellung)

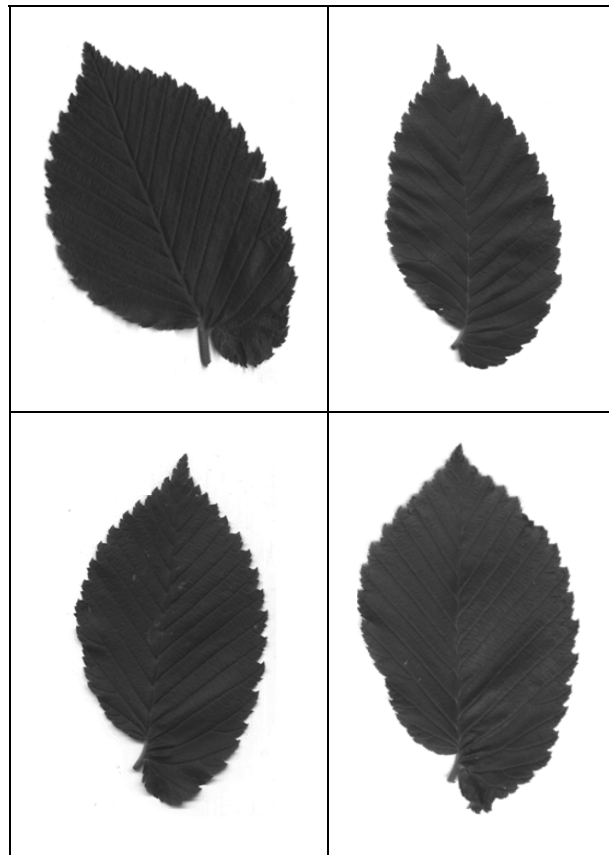


Anhang IV: Laubblattabbildungen aus den Interviews in der explorativen Studie

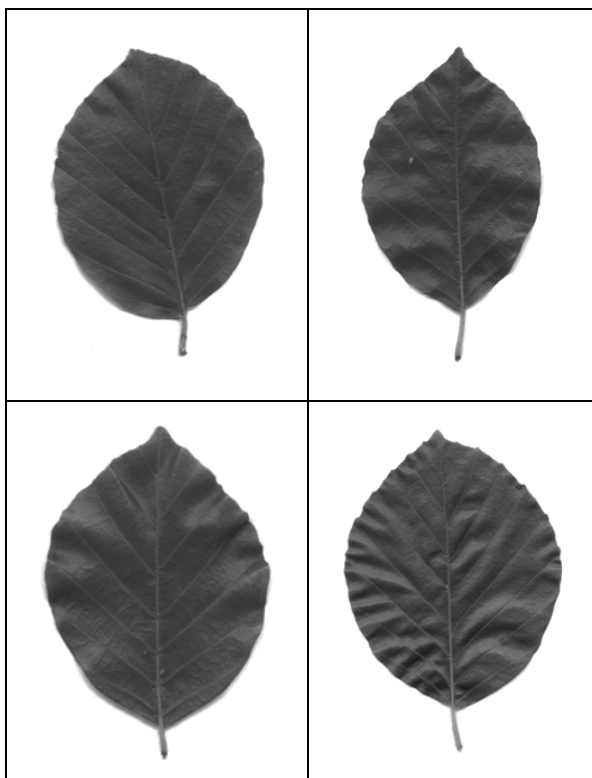
Baumart a: Hainbuche (*Carpinus betulus*)



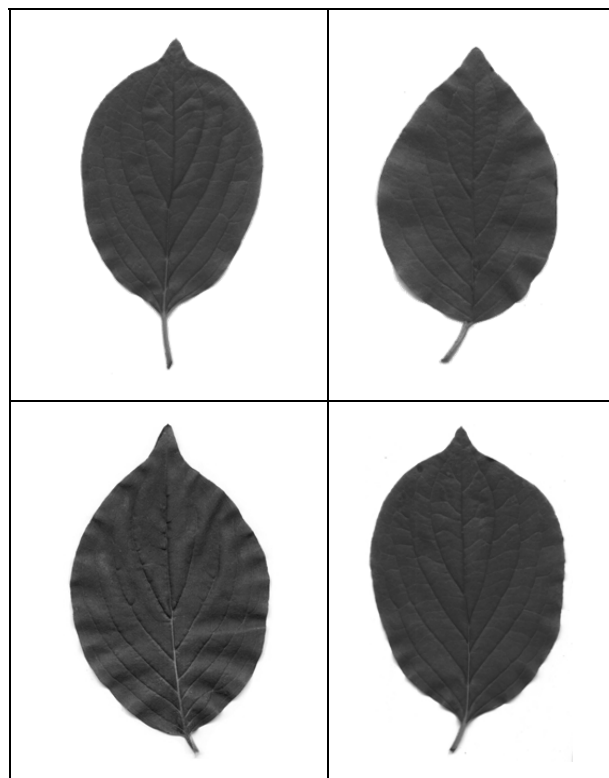
Baumart b: Flatterulme (*Ulmus laevis*)



Baumart c: Rotbuche (*Fagus sylvatica*)



Baumart d: Kornelkirsche (*Cornus mas*)



Anhang V: Transkripte der Interviews aus der explorativen Studie

I: Interviewerin

A 1-4, B 1-4, C 1-4: Kinder der Gruppen A-C (alle Namen sind geändert)

Anmerkung: Die folgenden Transkripte geben die Beschreibungsphase wieder. Aussagen aus der Sortierphase werden nur aufgelistet, sofern Unterscheidungskriterien genannt wurden.

Tabelle 49: A1 (Roberto): Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Rotbuche + 4x Kornelkirsche
2	4x Hainbuche + 4x Flatterulme

Tabelle 50: A1 (Roberto), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1+2	I Was sind die Unterschiede zwischen diesen hier und diesen?	
1/2	A1 Weil das rund ist (<i>Streicht um den Blattrand oder Blattumriss</i>) und die sind so wie ein Baum. (<i>Streicht in einer Zickzack-Linie über den Blattrand.</i>)	Blattrand

Tabelle 51: A1 (Roberto), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche + 4x Flatterulme
2	4x Rotbuche + 4x Kornelkirsche

Tabelle 52: A1 (Roberto) Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
1	A1 Da sind so Striche, die gehen an der Spitze. (<i>Streicht über die Blattadern.</i>)	Blattadern
1	A1 Sie haben Zähne (<i>deutet auf den Blattrand</i>). Und die haben keine Zähne, weil sie glatt sind (<i>deutet auf den Blattrand</i>).	Blattrand
1/2	A1 Und da ist es rund und da auch. (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>)	Unteres Blattende
1	A1 Und sie haben so Farbe (<i>tippt auf ein Blatt</i>).	Farbe
1	A1 Die sind verschieden (<i>streicht über die Blattadern</i>), die eine geht da und der eine geht da oben. Und die geht fast gleich.	Blattadern

Tabelle 53: A2 (Akan), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
1	4x Hainbuche + 1x Flatterulme	4x Hainbuche + 4x Flatterulme
2	3x Rotbuche + 1x Kornelkirsche	3x Rotbuche + 1x Kornelkirsche
3	3x Flatterulme	-
4	3x Kornelkirsche + 1x Rotbuche	3x Kornelkirsche + 1x Rotbuche

Tabelle 54: A2 (Akan), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen diesen und diesen Blättern unterschiedlich?	
2	A2 Die Linien hier. <i>(Streich mit dem Finger über die Blattadern.)</i> I Gibt es sonst noch irgendwelche Unterschiede? Also, hier sind die Linien anders als bei diesem? A2 <i>(Betrachtet die Gruppen.)</i> Nein. Oder doch.	Blattadern
3/4	I Was ist der Unterschied zwischen diesen beiden? (...) [A2: Die beiden?] Ja, was ist hier anders als bei diesen hier.	
3	A2 Da. <i>(Streich mit dem Finger rund um das Blatt.)</i> I Und was ist das, kannst du es ein bisschen genauer sagen? A2 Ich weiß es nicht. (...)	Blattrand
2/4	I Dann gucken wir uns diese an. Was ist denn da anders?	
4	A2 (...) Die. <i>(Streich mit dem Finger über die Blattadern.)</i>	Blattadern
1/3	I Und zwischen diesen beiden? Was ist hier anders als hier?	
1/3	A2 (...) Gar nichts.	
1/3	I Dann würdest du sagen, die sind doch von einem Baum?	
1/3	A2 <i>(Nickt leicht)</i>	Kombination

Tabelle 55: A2 (Akan), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Kornelkirsche
2	4x Hainbuche
3	4x Rotbuche
4	4x Flatterulme

Tabelle 56: A2 (Akan), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist bei diesen und diesen Blättern unterschiedlich?	
2	A2 (...) Die ist glatt. <i>(Streicht über den Blattrand.)</i>	Blattrand
	A2 Und diese da, die <i>(spricht sehr leise)</i> . <i>(Streicht über die Blattadern)</i>	
	I Kannst du es lauter sagen?	
2	A2 Diese Linien <i>(spricht leise)</i> .	Blattadern
	I Die Linien?	
	A2 Ja.	
	I Und wie würdest du das hier beschreiben? Du hast gesagt, hier ist es glatt, wie ist es hier?	
1	A2 Spitz?	Blattrand
3/4	I Und was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
4	A2 (...) Hier. <i>(Deutet auf das untere Blattende.)</i>	
	I Was ist da?	
3	A2 (...) Hier ist länger. <i>(Deutet auf den Blattstiel)</i>	Blattstiel
	I Wie heißt denn das? Weißt du das?	
	A2 Nein.	
	I Das ist der Blattstiel. Ist sonst noch etwas unterschiedlich? Vielleicht etwas, was auch bei diesen unterschiedlich war?	
4	A2 (...) Das hier, da. Das ist länger und das ist kürzer. <i>(Deutet auf das untere Blattende: erst die eine, dann die andere Blatthälfte.)</i>	Symmetrie
2/4	I Das stimmt, gut. Was ist denn bei diesen beiden unterschiedlich?	
	A2 (...) Wieder das gleiche.	
	I Du meinst was du gerade gesagt hast, dass das länger und das kürzer ist.	
	A2 Ja.	
1/3	I Gut. Und bei diesen beiden?	

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/3	A2 (...) Hier. Die ist länger (<i>deutet auf die Blattspitze.</i>) Und die ist kürzer. (<i>Deutet auf die Spitze des anderen Blattes..</i>)	Blattspitze
3	A2 Und diese Linien sind anders.	Blattadern

Tabelle 57: A3 (Jessica), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
1	4x Hainbuche + 2x Flatterulme	4x Hainbuche + 4x Flatterulme
2	3x Rotbuche + 1x Kornelkirsche	4x Rotbuche + 4x Kornelkirsche
3	3x Kornelkirsche + 1x Rotbuche	
4	2x Flatterulme	

Tabelle 58: A3 (Jessica), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussage	Kriterien
1/2	I Was ist bei diesen und diesen Blättern unterschiedlich?	
1	A3 Weil die Zacken haben (<i>deutet auf den Blattrand bei Hainbuche</i>)	Blattrand
2	A3 und die nicht (<i>deutet auf den Blattrand bei Rotbuche</i>).	
1/4	I Was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
	A3 Gar nichts eigentlich.	
	I Das heißt, die würden auch noch zu dieser Gruppe gehören?	
	A3 (...) (<i>Kombiniert 1 und 4.</i>)	Kombination
2/3	I Und was ist bei diesen beiden?	
	A3 Auch gar nichts. (...) (<i>Ordnet die Karten um.</i>) Ich lege die darunter.	Kombination
	I Der einzige Unterschied zwischen diesen Blättern sind die Zacken an der Seite?	
	A3 Ja.	

Tabelle 59: A3 (Jessica), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche + 4x Flatterulme
2	4x Rotbuche
3	4x Kornelkirsche

Tabelle 60: A3 (Jessica), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses Baums und dieses Baums unterschiedlich?	
1	A3 Die haben so leichte Zähne (<i>streich mit dem Finger um den Blattrand.</i>)	Blattrand
2	A3 und die nicht. Die sind gelappt, so rund.	Blattrand
2/3	I Und was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
2	A3 Das hier, die Adern da. (<i>Streich über die Blattadern.</i>)	Blattadern
	I Und was ist da anders, an den Adern?	
3/2	A3 Dass die rund sind, und die gehen so gerade schräg rüber. (<i>Zeigt den Verlauf.</i>) Hoch.	Blattadern

Tabelle 61: A4 (Sabrina), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	2x Rotbuche
3	2x Flatterulme
4	2x Flatterulme
5	4x Kornelkirsche
6	2x Rotbuche

Tabelle 62: A3 (Sabrina), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Kannst du mir sagen, was bei diesen beiden unterschiedlich ist?	
2	A4 Also, der ist da (<i>deutet auf den Blattrand</i>) rund	Blattrand
2	A4 und ein bisschen dunkler	Farbe
1	A4 und der hat solche Ritzen drin (<i>streich mit dem Finger um den Blattrand.</i>)	Blattrand

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
2/1	A4 Und der ein bisschen rundig. Und der ist so ein bisschen schmal.	Form/Größe
1/3	I Was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
3/1	A4 Der ist größer (<i>zeigt die Länge mit den Händen</i>) als der (<i>fasst an Blattstiel und Blattspitze</i>). Hat eine andere Form.	Form/Größe
	I Was ist denn an der Form anders?	
3/1	A4 Also das ist ein bisschen breiter (<i>formt es mit den Händen nach</i>) und das ein bisschen dünner.	Form/Größe
3/4	I Was ist an diesen unterschiedlich?	
3	A4 (...) Das da ist ein bisschen größer (<i>zeigt die Länge mit den Händen</i>)	Form/Größe
4/3	A4 als das. Und das ist ein bisschen dünner als dieses, finde ich.	Form/Größe
2/5	I Dann schauen wir die anderen an. Bei diesem und bei diesem, was ist da unterschiedlich?	
5/2	A4 Da haben sie oben so ein bisschen größere Spitze als da. Da eine größere als hier. Und ist dann auch ein bisschen größer als da.	Blattspitze
6/2	I Und dann hast du hier noch eine Gruppe. Was ist bei diesen hier anders als bei diesen?	
6/2/6	A4 Die zwei sind breiter als die. (...) Und das ist glaube ich größer. Ein bisschen.	Form/Größe
6/5	I Und bei diesen beiden?	
6/5	A4 Das ist breiter als das.	Form/Größe
5	A4 Und die Spitze ist oben ein bisschen mehr.	Blattspitze

Tabelle 63: A4 (Sabrina), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	4x Flatterulme
3	1x Rotbuche + 2x Kornelkirsche
4	3x Rotbuche
5	2x Kornelkirsche

Tabelle 64: A4 (Sabrina), Transkript des Posttests

Blattgruppe	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist bei diesen Blättern unterschiedlich?	
2/1	A4 Also dieses Blatt hat so etwas. Und die Blätter nicht.	Symmetrie
1	A4 Und da oben. I Wie würdest du denn das beschreiben? Kannst du es noch genauer sagen als „so etwas?“ I Da haben sie solche Ecken, so rund, so hümjüm (<i>streicht über die Zähne am Blattrand</i>), und da gibt es einfach zick zack zack ganz kleine (<i>streicht über die Zähne</i>).	Blattspitze
2/1	A4 Und hier unten? Du hast gesagt „das hat so etwas“. I Ja, das hat so ein bisschen hier, da bleibt ein bisschen mehr als da. (<i>Streicht über das untere Blattende.</i>) Und da ist es gleich viel (<i>deutet auf das untere Ende</i>).	Blattrand
2/1	A4 Was ist denn zwischen diesen beiden unterschiedlich?	Symmetrie
1/3	I Was ist denn zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
1	A4 Hier sieht man richtig gut diese Striche (<i>zeigt auf die Adern</i>).	Blattadern
3	I Und da sieht man sie und die gehen so: uhj juj juj (<i>streicht über die Adern</i>). I Weißt du, wie diese Striche heißen? A4 Nicht mehr. Ich habe es vergessen.	Blattadern
3/4	I Was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
4/3	A4 Hier sind sie ein bisschen dunkler (<i>streicht über die Blattspreite</i>). Und da ein bisschen heller. I Erinnerst du dich noch an das letzte Mal? Du hast doch hier eine Vorder- und eine Rückseite (<i>dreht eine Karte um</i>). I Oh ja (<i>dreht verschiedene Karten um</i>). Mal andere Seite gucken. Hier ist der ein bisschen runder (<i>zeigt mit 2 Fingern die Blattbreite</i>) als der da oder die. Die passen hier nicht so ganz genau.	Farbe
4/3	A4 Und was ist jetzt bei diesen anders?	Form/Größe
4/5	I Hier sieht man sie auch so ein bisschen anders. So als ob es Daumenabdrücke sind (<i>fährt die Adern nach</i>). Das, als die anderen.	Blattadern
5/4	A4 Gut. Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
2/5	I Auch das da unten (<i>zeigt auf das untere Ende</i>).	Symmetrie
2	A4 Die haben keine Zacken (<i>streicht über Blattrand</i>). Der da so glatt rund.	Blattrand
5	A4	

Tabelle 65: B1 (Luka), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
1	4x Rotbuche	4x Rotbuche
2	3x Flatterulme	4x Flatterulme
3	4x Kornelkirsche	4x Kornelkirsche
4	4x Hainbuche + 1x Flatterulme	4x Hainbuche

Tabelle 66: B1 (Luka), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
1/2	B1 Die sind rund und die haben Zacken.	Blattrand
1/3	I Was ist zwischen diesen hier unterschiedlich?	
	B1 Diese, wie heißen die Teile hier noch mal? (<i>Fährt die Blattadern mit dem Finger nach.</i>)	Blattadern
	I Wusstest du schon mal, wie die heißen?	
	B1 Ich habe es wieder vergessen.	
	I Das sind die Blattadern oder Blattnerven.	
3/1	B1 Die sind unterschiedlich. Die sind runder. Und die sind gerade.	Blattadern
3/4	I Gut. Und dann schauen wir die anderen an. Was ist zwischen diesen unterschiedlich?	
3	B1 (<i>Streicht über die Blattadern.</i>) Die Adern.	
	I Und was ist der Unterschied zwischen diesen hier und diesen?	
4	B1 Mal umdrehen. (<i>Dreht eine Karte um.</i>) Die sind aber dunkel.	Farbe
	I Ja, manche sind sehr dunkel, manche sind heller.	
4	B1 (<i>Schaut eine Karte an.</i>) Ganz dunkel. (...) (<i>Schaut sich die Karten genau an.</i>) (<i>Nimmt zwei in die Hand.</i>) Die sehen fast gleich aus.	
	I Gehören die vielleicht doch zusammen?	
	B1 Vielleicht so. (<i>Legt die eine Karte zu der Gruppe.</i>)	Kombination
4/2	I Kannst du vielleicht sagen, was zwischen diesen und diesen unterschiedlich ist?	
4	B1 Die sind dünner.	Form/Größe
	I Sonst noch irgendetwas, oder ist es das Einzige?	
2	B1 (...) Wenn ich die umdrehen würde, dann würden die genau gleich aussehen. (<i>Dreht die Karten um.</i>) Bloß sind die dunkler.	Farbe

Tabelle 67: B1 (Luka), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Rotbuche
2	4x Flatterulme
3	4x Kornelkirsche
4	4x Hainbuche

Tabelle 68: B1 (Luka), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
2	B1 Die haben Zacken	Blattrand
2	und die sehen hier komisch aus.	Symmetrie
	I Kannst du das genauer beschreiben, das „hier komisch“ Aussehen? Was ist denn da komisch?	
2	B1 Die sind rund, unten, ganz rund.	Symmetrie
2	B1 Machen so einen Bogen und dann geht es rein.	Symmetrie
	I Und was ist denn bei denen hier anders?	
1	B1 V-Form.	Symmetrie
	I Und du hast gesagt die haben - was hast du gesagt haben die?	
2	B1 Zacken	Blattrand
	I Haben die auch Zacken? Oder wie sieht das aus?	
1	B1 Nein, die haben Wellen.	Blattrand
1/3	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
	B1 Andere Adern.	Blattadern
	I Wie sind die Adern hier?	
1	B1 Zick zick zick zick, v.	Blattadern
	I Und hier?	
3	B1 Rund.	Blattadern
4/2	I Und was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
2	B1 (...) Das ist genauso wie bei denen und denen. [I: Und zwar?] Hier unten.	Symmetrie
4	B1 Und da ist auch der Stiel länger.	Blattstiel

Tabelle 69: B2 (Clara), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Rotbuche
2	4x Hainbuche
3	4x Flatterulme
4	2x Kornelkirsche
5	2x Kornelkirsche

Tabelle 70: B2 (Clara), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist bei diesen und bei diesen Blättern unterschiedlich?	
1/2	B2 Die sind runder (<i>Streicht mit dem Finger um das Blatt</i>) als die. Die sind mehr zackig.	Blattrand
3/2	I Und was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
3	B2 (...) Die sind größer und sind da so gebogen. (<i>Zeigt auf das untere Blattende.</i>)	Form/Größe Symmetrie
1/4	I Was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
4	B2 (...) Da ist das Muster anders. (<i>Deutet auf die Blattadern.</i>) Da auf dem Blatt.	Blattadern
4/5	I Und bei diesen beiden?	
5	B2 (...) Die gehen oben rein und haben eine Spitze.	Blattspitze

Tabelle 71: B2 (Clara), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	4x Rotbuche
3	4x Flatterulme
4	4x Kornelkirsche

Tabelle 72: B2 (Clara), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist bei den Blättern von diesem Baum und den Blättern von diesem Baum unterschiedlich?	
1/2	B2 Die sind so eingeschnitten. Und die sind eher gerade.	Blattrand

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/3	I Was ist bei diesen beiden unterschiedlich?	
3/1	B2 Das geht runter und hat da so ein Bogen. Und das nicht.	Symmetrie
3/4	I Dann zwischen diesen beiden.	
3/4	B2 Das hat Zacken am Rand. Und das nicht.	Blattrand
2/4	I Was ist bei denen und bei denen beiden unterschiedlich?	
4	B2 (...) Die haben da ein anderes Muster.	Blattadern
	I Wie nennt man denn dieses Muster? Weißt du das noch?	
4	B2 Nein. (<i>Dreht die Karte um.</i>) Und die sehen hinten anders aus.	Blattadern

Tabelle 73: B3 (Michaela), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	2x Rotbuche
3	4x Flatterulme
4	2x Kornelkirsche
5	2x Kornelkirsche
6	2x Rotbuche

Tabelle 74: B3 (Michaela), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was sind die Unterschiede zwischen diesen und diesen?	
1	B3 Die sind oft gerillt	Blattadern
1	Und die sind schmaler. (<i>Streicht mit dem Finger um das Blatt.</i>)	Form/Größe
1/3	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
3	B3 Weil die hier so krumm sind. (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>)	Symmetrie
3/4	I Ja, und zwischen diesen beiden?	
3/4	B3 Da sind Zacken und da keine.	Blattrand
4	Und die sind auch nicht so schief.	Symmetrie
2/4	I Was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
4	B3 Das ist wie ein Regentropfen geformt. (<i>Fährt den Umriss mit dem Finger nach.</i>)	Form/Größe

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
2	B3 Und der ist zum Beispiel ganz dick, ich habe das an der Form gedacht, dass die beiden zusammen gehören. I Was ist bei denen unterschiedlich?	Form/Größe
4/5	B3 Ja, das da könnte auch zusammen gehören. (<i>Will eine Karte von 5 zu 4 legen, zögert.</i>) Aber das muss man einzeln legen. (<i>Legt eine Karte zur Seite.</i>) I Du kannst sie auch umdrehen und noch einmal schauen.	
4/5	B3 (...) Die gehören (<i>dreht die Karten um</i>) (...) zusammen. (<i>Sortiert weiter.</i>) (...) Das ist noch ein junges Blatt, oder? I Das kann sein, ja.	
4/5	B3 Das muss vielleicht zu dem gehören. (<i>Fügt das Blatt einer Gruppe an.</i>) Da drehe ich die um. (<i>Dreht die Karten um.</i>) (...)	
2/6	I Was ist bei denen unterschiedlich? (...) Da sind diese weißen, ach nein, das ist die Folie. (...) Ich habe da auch	
2/6	B3 noch etwas gefunden, bei denen ist das ein kleines bisschen schief. Und bei dem ist das hier unten ganz gerade.	Symmetrie
4/6	I Was sind die Unterschiede zwischen diesen beiden?	
6	B3 Das hat keine solche Spitze.	Blattspitze
4	Dass die so wie Regentropfen.	Form/Größe

Tabelle 75: B3 (Michaela), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	3x Rotbuche
2	1x Rotbuche
3	4x Kornelkirsche
4	4x Hainbuche
5	4x Flatterulme

Tabelle 76: B3 (Michaela), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterien
4/1	(<i>Sortiert</i>) Der ist spitz, nein, der nicht.	Blattrand
1/2	(...) Nein, die beiden gehören glaube ich nicht dazu, die Stiele sind ganz, ganz kurz und die sind länger. Also das ist einzeln.	Blattstiel

Blattgruppen	Aussagen	Kriterien
2+3	I Was ist denn bei diesen anders als bei diesem hier?	
3/2	B3 Das da geht ganz wie ein Regentropfen hoch und da geht es nicht gerade wie ein Regentropfen hoch. Und das ist ganz dick.	Form/Größe
2	Und da sind die Linien auch anders.	Blattadern
	I Weißt du noch wie die Linien heißen?	
	B3 Nein.	
3+4	I Das sind die Adern. Was ist denn zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
4	B3 Da fahren die auch gerade in die Zähne	Blattadern
4	und da ist es zackig und da ist es auch,	Blattrand
3	da ist es so rund	Blattadern
3	und da gibt es keine Zähne	Blattrand
3	und die fahren auch nicht in die Zacken, weil es da ja gar keine Zacken gibt.	Blattadern
5	B3 Und hier ist das mit diesem Bogen.	Symmetrie
4	I Haben die auch diesen Bogen?	
	B3 Nein. [I: Das ist also der Unterschied?] Ja.	
5+1	I Und was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
1	B3 Also da ist der Stiel länger.	Blattstiel
5/1	Hier ist es zackig und da ist es nicht zackig,	Blattrand
1	und da ist das auch nicht so lang.	Blattspitze

Tabelle 77: B4 (Stefan), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Kornelkirsche + 4x Rotbuche
2	4x Hainbuche + 4x Flatterulme

Tabelle 78: B4 (Stefan), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
1/2	B4 Hier sind keine Zacken und hier sind Zacken.	Blattrand

Tabelle 79: B4 (Stefan), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	4x Flatterulme
3	4x Rotbuche + 4x Kornelkirsche

Tabelle 80: B4 (Stefan), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	B4 (Sortiert) Die sind ja auch mit geradem Stängel. (Separiert die Flatterulmenblätter von den Hainbuchenblättern.)	Symmetrie
1/3	I Was ist zwischen diesen und diesen Blättern unterschiedlich?	
1/3	B4 Die sehen eigentlich gleich aus. Aber die da oben haben Zacken und der hat keine.	Blattrand
3/2	I Genau, gut. Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
2	B4 Da ist, da ist einer nicht so hier unten.	Symmetrie
	I Wie ist das denn da unten?	
2/1	B4 Da unten ist das linke Blatt etwas tiefer. Und bei diesem Blatt ist das nicht so tief.	Symmetrie
1/2	I Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
2/1	B4 (...) Da ist das hier so ein kleines bisschen gerade und da noch gerader. (...) Da ist noch gerader.	Symmetrie
	I Was ist denn da gerade?	
1	B4 Das (<i>deutet auf den Blattstiel.</i>) [I: Weißt du, wie das heißt?] Nein.	

Tabelle 81: C1 (Julia), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
Gr1	4x Flatterulme + 4x Hainbuche	4x Hainbuche
Gr2	4x Rotbuche	4x Rotbuche
Gr3	4x Kornelkirsche	4x Kornelkirsche
Gr 4		4x Flatterulme

Tabelle 82: C1 (Julia), Transkript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1	C1 Die und die sind zwar gleich, aber die sind kleiner als die. Deswegen denke ich auch die gehören noch dazu. I Meinst du, Blätter an einem Baum können auch größer und kleiner sein, oder sind am Baum alle gleich groß? C1 (<i>Sortiert die Karten nebenbei.</i>) Nicht alle gleich groß. Sie können auch größer und kleiner sein. (...)	Form/Größe
1/2	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
1/2	C1 Die haben Zacken und die nicht, die sind da rund.	Blattrand
2/3	I Und was ist unterschiedlich zwischen diesen und diesen?	
3/2	C1 Die sind noch mehr rund, die sind dünner als die da (<i>lacht verlegen</i>). I Was heißt dünner?	Form/Größe
3/2	C1 Ein paar sind dünner als die und dicker als die,	Form/Größe
3/2	C1 und der hat hier oben ringförmig, ganz verschieden und die haben ganz gleiche Venen weggespült. Außer diesem, das gehört wahrscheinlich noch dazu.	Blattadern
2	C1 Ich finde halt die sind auch verschieden, weil die noch mehr rund sind.	Form/Größe
2/3	C1 Und die haben hier noch ein paar Wellen. Und die keine.	Blattrand
1/4	(<i>C1 erkundigt sich nach den Baumnamen und erfährt, dass die Blätter von 1 zu unterschiedlichen Bäumen gehören</i>) Also gehören, ja also gehören die eigentlich noch zusammen. (<i>I: Genau.</i>)	
4	C1 Wegen diesem einen Ring da. (<i>Sortiert neu.</i>) Die haben noch solche Ringe. Weil da noch Schneckenform am Ende ist (<i>deutet auf das untere Blattende</i>).	Symmetrie

Tabelle 83: C1 (Julia), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Hainbuche
2	4x Kornelkirsche
3	4x Rotbuche
4	4x Flatterulme

Tabelle 84: C1 (Julia), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
	C1 (...) Also, damit kann man mich nicht mehr verarschen.	
	I Was meinst du damit?	
1/4	C1 Ja, das war letztes mal auch schon, da habe ich die doch zu einem gemacht. Das lege ich jetzt nicht mehr dahin. Das gehört auch dazu. (...)	
	I Bist du dir sicher, dass es die gleichen waren?	
	C1 (...) Doch ich glaube schon. (<i>Sortiert</i>) So wie ich es gedacht habe.	
1/2	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
2/1	C1 Die sind gewellt und die haben Zacken.	Blattrand
2/1	Die haben auch nicht so eine Spitze wie die.	Blattspitze
1/2	C1 Ich habe mich an diesen Aufstrichen orientiert, die haben nicht dieselben wie die.	Blattadern
	I Weißt du auch wie die heißen?	
	C1 (...) Ich glaube die Adern, Blattadern oder so.	Blattadern
2/3	I Ja, genau richtig. Was ist denn zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
	Da sind auch die Blattadern, die gehen nach oben und der hat einen kleinen Abstand. Hier gehen die ab und dann kommt ein größeres und dann ein ganz kleines. Da ist also eine Lücke. Und die haben nicht die gleichen, die gehen etwas runder und die gehen ganz gerade rauf.	
2/3	C1	Blattadern
1/4	I Gut, und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
4	C1 Die haben einen Ring, hier ein Platz frei und da unten geht es noch weiter rein.	Symmetrie

Tabelle 85: C2 (Lena), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
1	4x Flatterulme	4x Flatterulme
2	2x Rotbuche + 1x Kornelkirsche	4x Rotbuche + 1x Kornelkirsche
3	4x Hainbuche	4x Hainbuche
4	3x Kornelkirsche	3x Kornelkirsche
5	2x Rotbuche	-

Tabelle 86: C2 (Lena), Transcript des Pretests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
1	C2 Der hat Zacken.	Blattrand
1	C2 (...) Da geht es bis hier, und da ist ein kleiner Stiel. (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>)	Symmetrie
2	I Und wenn du diese beschreibst?	
2	C2 Das Blatt ist ein bisschen welliger	Blattrand
2	C2 Und hat einen längeren Stiel.	Blattstiel
2/3	I Und wenn du diese beiden vergleichst?	
2	C2 Das ist mehr rund	Form/Größe
3	Das ist oben mehr spitz	Spitze
3	Und hat auch Zacken.	Blattrand
2/4	I Und diese hier?	
4/2	C2 Das hier wird oben spitzer als das	Blattspitze
2/5	I Was ist der Unterschied zwischen diesem und diesem?	
2/5	C2 (<i>Betrachtet Vorder- und Rückseite.</i>) Ich glaube, das sind die gleichen.	Kombination

Tabelle 87: C2 (Lena), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en) Anfang	Baumart(en) Ende
1	2x Flatterulme	4 Flatterulme
2	3x Rotbuche	3x Rotbuche
3	2x Hainbuche	4x Hainbuche
4	1x Rotbuche + 3x Kornelkirsche	1x Rotbuche + 2x Kornelkirsche
5	1x Kornelkirsche	2x Kornelkirsche
6	2x Hainbuche	-
7	2x Flatterulme	-

Tabelle 88: C2 (Lena), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen diesen und diesen Blättern unterschiedlich?	
1	C2 Die haben Zacken	Blattrand
1	C2 und da ist die eine Hälfte kürzer als die andere. (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>)	Symmetrie
	I Und wie würdest du diese beschreiben?	
2	C2 Die sind ganz rund	Form/Größe
2	C2 und haben oben eine kleine Spitze.	Blattspitze
1/3	I Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
1/3	C2 Der geht hier mehr rein (<i>deutet auf das untere Blattende</i>) als der hier.	Symmetrie
3/4	I Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
3/4	C2 Dass der Zacken hat und der nicht.	Blattrand
4/5	I Was sind die Unterschiede zwischen diesen beiden?	
5/4	C2 Dass der eine größere Spitze hat als der.	Blattspitze
2/5	I Was ist zwischen diesen unterschiedlich?	
2/5	C2 Dass der mehr nach außen geht (<i>zeigt die Blattform mit den Händen</i>) als der.	Form/Größe
2/4	I Und zwischen diesen und diesen?	
4/2	C2 (...) Die sind vielleicht nicht so ganz rund wie die.	Form/Größe
3/6	I Was ist denn zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
	C2 (...) Die gehören zusammen.	Kombination
1/7	I Und was ist der Unterschied zwischen diesen hier?	
	C2 Weiß ich nicht.	
	I Meinst du die gehören dann auch zusammen?	
7	C2 Sieht nicht so aus, weil die einen kleinen Höcker haben. (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>)	Symmetrie
	I Und den haben beide? Hat der das auch?	
7/1	C2 Nein. Das gehört dazu.	Kombination

Tabelle 89: C3 (Ranga), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Kornelkirsche
2	4x Hainbuche + 4x Flatterulme
3	4x Rotbuche

Tabelle 90: C3 (Ranga), Transkript des Pretets

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
1	C3 Das ist hier rund. (<i>Streich über den Blattrand.</i>)	Blattrand
1/2/3	Das geht hier hoch. Und das geht nicht ganz so hoch, sondern nur schräg. Das ist fast das gleiche Muster. Bloß hat es größere Abstände.	Blattadern
2/3	I Und was für Unterschiede sind zwischen diesen?	
3	C3 Das ist hier runder.	Blattrand
3/2	C3 Und ich glaube, es ist weicher. Ich glaube, das ist härter.	Festigkeit
1/3	I Und was ist zwischen diesem und diesem unterschiedlich?	
3	C3 Die sind hier größer	Form/Größe
3	C3 (...) und haben auch dieses Muster. (<i>Streich über die Adern.</i>)	Blattadern

Tabelle 91: C3 (Ranga), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Rotbuche
2	4x Hainbuche
3	4x Flatterulme
4	4x Kornelkirsche

Tabelle 92: C3 (Ranga), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
1/2	C3 Das ist hier runder (<i>streicht mit dem Finger um das Blatt</i>), und das hier ist so lang.	Form/Größe
1/2	C3 Und das hat nicht solche, das geht erst nach da, eher gerade und das schief.	Blattadern
	I Und ist da noch was?	
1	Das ist größer	Form/Größe
1	C3 und dunkler. (...)	Farbe
1	Und es hat keine Zacken. (<i>Deutet auf den Blattrand.</i>)	Blattrand
1	C3 Und nicht so eine große Spitze.	Blattspitze
2/3	I Was ist denn zwischen diesen hier und diesen unterschiedlich?	
3/2	C3 Das geht hier nicht ganz so wie das hier. Das hört schon hier auf.	Symmetrie
3	C3 Und es ist auch dicker.	Form/Größe
1/4	I Gut. Und was ist bei diesen und diesen unterschiedlich?	
4	C3 Das geht hier hoch. (<i>Streicht über die Blattadern.</i>) (...)	Blattadern
	I Was ist das, was da so hoch geht? Weißt du das? [C3: Nein.] Wie würdest du es denn beschreiben? Wie sieht das aus?	
	C3 Knochen?	Blattadern

Tabelle 93: C4 (Fabian), Laubblattgruppierungen im Pretest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	3x Kornelkirsche
2	4x Flatterulme
3	4x Rotbuche + 1x Kornelkirsche
4	4x Hainbuche

Tabelle 94: C4 (Fabian), Transkript des Pretests

Blattgruppe	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
2	C4 Die haben so zackig. (<i>Macht mit dem Finger Zickzack-Bewegungen am Blattrand.</i>)	Blattrand
1	C4 Und da ist mehr (...) rund. (<i>Streicht über den Blattrand.</i>)	Blattrand
1	C4 Also glatt.	Blattrand

Blattgruppe	Aussagen	Kriterium
2/4	I Und was ist zwischen den Blättern dieses und dieses Baums unterschiedlich?	
2/4	C4 (...) Das sind größere Zacken als die (<i>deutet auf den Blattrand</i>), das sind kleinere.	Blattrand
3/4	I Und zwischen diesen beiden?	
3/4/3	C4 (...) Das ist länger, das ist (...) kleiner, also länger ist das.	Form/Größe
1/3	I Was ist zwischen diesen und diesen unterschiedlich?	
3	C4 (...) das ist dunkler. Glaube ich.	Farbe
	I Ist das das Einzige?	
1	C4 Nein. (...) Das ist ein bisschen spitzer hier. (<i>Deutet auf die Blattspitze</i>)	Blattspitze

Tabelle 95: C4 (Fabian), Laubblattgruppierungen im Posttest

Blattgruppe	Baumart(en)
1	4x Rotbuche +2x Kornelkirsche
2	4x Hainbuche
3	2x Kornelkirsche
4	4x Flatterulme

Tabelle 96: C4 (Fabian), Transkript des Posttests

Blattgruppen	Aussagen	Kriterium
1/2	I Was ist zwischen diesen Blättern und diesen unterschiedlich?	
2	C4 Das hat Zacken	Blattrand
2	C4 Und ist heller.	Farbe
	I Weißt du noch, dass du hier immer eine Vorder- und eine Rückseite hast? Auf der einen Seite sind sie heller als auf der anderen Seite.	
1/3	C4 Die gehören glaube ich nicht zu denen. (...) Die haben ein längeres Spitzchen.	Blattspitze
	I Die sind länglicher, und spitzer?	
3	C4 Ja, ist nur die Spitze hier. (<i>Deutet auf die Blattspitze.</i>)	
4/2	I Und was ist zwischen diesen beiden unterschiedlich?	
4	C4 Das ist hier an der Seite (<i>Deutet auf das untere Blattende.</i>) [I: Was ist da?] (...) Das ist da irgendwie seitlich. Und (...) rundlicher.	Symmetrie

Anhang VI: Fragebogen 1

(Der Original-Fragebogen ist als HTML-Datei unter <http://baum.bio-div.de> einsehbar.)

A) Persönliche Angaben

1. E-Mail-Adresse: Benutzername: Suchen Sie sich einen Benutzernamen aus. Achtung: er wird öffentlich im Namen Ihres Bestimmungsschlüssels angezeigt.
2. Kennwort: (wiederholen) Bitte notieren Sie Benutzernamen und Kennwort. Sie können sich damit jederzeit wieder anmelden.
3. Zu welcher Gruppe zählen Sie sich? (Mehrfachnennungen möglich)
 - LehrerInnen – Eltern – GruppenleiterInnen – SchülerInnen – Studierende - Sonstige:
4. Kontakt-Adresse:
 - Ihr Name - Name der Schule / Freizeitgruppe (oder 'privat') - Straße - PLZ, Ort - Land
5. Wie haben Sie von Eikes Baumschule erfahren?

B) Angaben zu Erfahrungen mit Bestimmungsschlüsseln

1. Welche Objekte haben Sie schon mit Schulklassen/Gruppen bestimmt? (Mehrfachnennungen)
 - Tiere - Pflanzen allgemein – Bäume - Sonstige: - Keine
2. Welche Bestimmungsliteratur haben Sie dabei verwendet? (Mehrfachnennungen)
 - Buch/Heft/Arbeitsblatt, mit Bestimmungsschlüssel; Titel, Autor:
 - Buch/Heft/Arbeitsblatt, nur mit Artbeschreibungen; Titel, Autor:
 - Computer-Bestimmungsschlüssel; Titel, Autor bzw. Internet-Adresse:
 - Sonstige: - Keine
3. Welche Methode erschien Ihnen am besten geeignet?
 - Buch etc., mit Bestimmungsschlüssel - Buch etc., nur mit Artbeschreibungen
 - Computer-Bestimmungsschlüssel – Unentschieden

C) Angaben zur voraussichtlichen Verwendung des Schlüssels

1. Zielgruppe: (Mehrfachnennungen möglich)
 - Schulklasse(n) – Studierende - Freizeitgruppe(n) - mein(e) Kind(er)
 - Freunde / Bekannte - ich selbst - Sonstige:
2. Klassen- oder Altersstufe: (Mehrfachnennungen möglich)
 - bis Klasse 4 - Klasse 5+6 - Klasse 7+8 - Klasse 9+10 - Klasse 11-13 - Erwachsene
3. Fach, Lehrplaneinheit(en), Unterrichts-/Kursthema:
4. Zielareal: (Mehrfachnennungen möglich)
 - Wald (Schulnähe / Zu Hause) - Wald (Klassenfahrt / Urlaub) – Schulhof
 - Ortsteil / Straßenzug – Park - Privater Garten - Sonstige:
5. Technische Ausstattung: (Mehrfachnennungen möglich)
 - Computerraum - nur 1-2 PC(s) - Laptops für die Klasse/Gruppe - nur 1-2 Laptop(s)
 - Farbdrucker - SW-Drucker - Laminiergerät
6. Bestimmungsmethode: Nur Bestimmungsheft - Nur PC - PC und Bestimmungsheft
7. Ort der Bestimmung: Im Freien - Im Gebäude - Im Freien und im Gebäude

Anhang VII: Fragebogen 2

(Der Original-Fragebogen ist als HTML-Datei unter <http://baum.bio-div.de> einsehbar.)

Bitte beantworten Sie die Fragen nur für 1 Klasse bzw. Gruppe. Für weitere Gruppen dürfen Sie den Fragebogen gerne erneut ausfüllen.

A) Zielgruppe

A1) Mit welcher Zielgruppe haben Sie Eikes Baumschule getestet?

- mit einer Schulklasse - mit einer Freizeitgruppe - mit Studierenden
- mit den eigenen Kindern (und deren Freunden) - mit Erwachsenen - mit anderen:

A2) Wie alt waren die Teilnehmer der Klasse/Gruppe?

Alter: / Klassenstufe (optional):

A3) Wie groß war die Gruppe/Klasse?

Anzahl der Teilnehmer:

A4) Haben die Teilnehmer einzeln oder zu mehreren pro Bestimmungsschlüssel gearbeitet?

- Einzel - Partnerarbeit (2) - Gruppenarbeit (3 oder mehr) - Anmerkungen:

A5) Hat die Zielgruppe schon zuvor mit Bestimmungshilfen gearbeitet?

- Ja (Falls ja: Welche Objekte wurden dabei bestimmt?) – Nein - Unbekannt

A6) Hat die Klasse/Gruppe schon zuvor das Thema Bäume behandelt?

- Ja – Nein - Unbekannt

A7) Hat die Klasse/Gruppe schon zuvor das Thema Wald behandelt?

- Ja – Nein - Unbekannt

B) Einsatzbedingungen

B1) In welcher Form haben Sie den Bestimmungsschlüssel verwendet? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- Schwarz-Weiß-Druck – Farbdruck - am PC - mit dem Laptop

a) Welche Form hat sich am besten bewährt? (Nur falls Sie mehrere Formen getestet haben)

- Schwarz-Weiß-Druck – Farbdruck - am PC - mit dem Laptop

b) War der Schwarz-Weiß-Druck gut anwendbar? (Nur falls Sie ihn verwendet haben)

- Er war gut anwendbar.
- Bei der Anwendung ergaben sich folgende Probleme:

B2) Wo haben Sie den Bestimmungsschlüssel verwendet?

- im Gebäude - im Freien - sowohl im Gebäude als auch im Freien

B3) Die Bäume welches Geländes haben Sie bestimmt? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- Schulhof – Wald – Park – Garten - Ortsteil/Straßenzug - sonstige:

B4) In welcher Umgebung fand die Bestimmung statt?

- in der Alltagsumgebung (zu Hause, in der Schule, im Ort der Freizeitgruppe)
- auf Klassen-/Gruppenfahrt oder im Urlaub

C) Bestimmungsschlüssel-Bausatz

C1) Haben Sie einen angepassten oder den vollständigen Bestimmungsschlüssel verwendet?

- den vollständigen Schlüssel
- einen angepassten Schlüssel
- sowohl den vollständigen als auch einen angepassten Schlüssel
- nur einzelne Baumsteckbriefe
- Name (Profilname) des verwendeten angepassten Bestimmungsschlüssels:

C2) Halten Sie die Funktion der automatischen Anpassung für sinnvoll?

- Ja – nein - prinzipiell ja, aber ich hatte keine Verwendung dafür
- die Anleitung war nicht verständlich - es funktionierte nicht, folgender Fehler trat auf:

C3) Waren Sie mit der Baumauswahl zufrieden?

- ja, alle benötigten Bäume waren in Eikes Baumschule vorhanden
- nein, folgende Bäume haben gefehlt:
- nein, einen oder mehrere Bäume konnte ich nicht bestimmen

D) Bestimmungsschlüssel

D1) Wie würden Sie folgende Aspekte des Bestimmungswegs bewerten?

- a) Qualität der Abbildungen: 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend)
- b) Qualität der Texte: 1 (sehr gut) - 6 (ungenügend)
- c) Länge der Texte: zu kurz - genau richtig - zu lang
- d) Navigation im Bestimmungsschlüssel: 1 (einfach) – 6 (schwierig)
- e) Die Hilfe am Ende des Bestimmungswegs ist: hilfreich - nicht hilfreich.

D2) Probleme beim Bestimmen

a) Welche Bestimmungsfragen bereiteten der Zielgruppe Probleme? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- Die Unterscheidung von gegenständig und wechselständig
- Die Unterscheidung von zusammengesetzten und einfachen Blättern
- andere Bestimmungsfragen:
- es gab keine Probleme

b) Worin vermuten Sie den Grund für die Probleme? (Nur falls es Probleme gab)

- Die Texte sind missverständlich
- Die Abbildungen sind missverständlich

- Die Bestimmungsmerkmale sind nicht gut erkennbar
- andere Gründe:

D3) Ist der Instruktor (Eichhörnchen Eike) für die Altersgruppe angemessen? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- ja – nein - ich weiß es nicht

a) Haben Sie Änderungswünsche? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- Eike sollte kleiner sein. - Eike sollte sich ausblenden lassen. - Weitere Vorschläge:

b) Beeinflusst das Eichhörnchen die Akzeptanz der Bestimmungshilfe durch die Zielgruppe?

- Es erhöht die Akzeptanz. - Es verringert die Akzeptanz.
- Es hat keinen Einfluss auf die Akzeptanz. - Ich weiß es nicht.

c) Anmerkungen zum Eichhörnchen:

E) Baumbeschreibungen

E1) Wie geeignet für die Altersstufe ist Ihrer Meinung nach...

a) ...die Menge der Informationen: zu detailliert - genau richtig - zu reduziert

b) ... die Präsentation der Informationen:

- gut strukturiert - unübersichtlich
- anschaulich - zu wenig anschaulich

c) ...die Formulierung der Texte: zu kompliziert - genau richtig - zu stark vereinfacht

d)... die Schaltflächen

- unverständlich - selbsterklärend
- zu kindlich (bunt) - ansprechend
- zu viele - angemessen viele

E2) Anmerkungen / Verbesserungsvorschläge zu den Baumbeschreibungen:

F) Allgemeines

F1) Sind Ihnen Fehler aufgefallen?

- a) Inhaltliche Fehler:
- b) Rechtschreib- oder Grammatikfehler:

F2) Layout und Bildschirmauflösung

a) Mit welcher Bildschirmauflösung haben Sie Eikes Baumschule betrachtet?

- 800x600 - 1024x768 - 1280x1024 - eine andere Auflösung: - Ich weiß es nicht.

b) Fanden Sie die Auflösung für die Bestimmungshilfe geeignet? Ja - Nein

F3) Download-Dauer

a) Wie lang dauerte das Herunterladen der Bestimmungshilfe (Download)?

- Es ging schnell genug. - Es dauerte zu lang. - Es funktionierte nicht.

b) Was für eine Internet-Verbindung haben Sie dafür genutzt?

- Analoges Telefonanschluss – ISDN – DSL - eine andere Verbindung:

F4) Benötigte die Klasse/Gruppe eine Einarbeitungszeit?

- Sie konnte auf Anhieb mit der Bestimmungshilfe umgehen
- Sie benötigte eine Einarbeitungszeit von ca. ____ Unterrichtsstunden.

F5) Konnte die Zielgruppe selbständig mit der Bestimmungshilfe arbeiten?

- Sie konnte gleich selbständig damit arbeiten.
- Sie konnte nach einer Einarbeitungszeit selbständig damit arbeiten.
- Sie brauchte die ganze Zeit Hilfe.

G) Zusatzangebot

G1) Folgende Versionen von Eikes Baumschule sind in Bearbeitung. Welche würden Sie nutzen? (Mehrfachnennungen sind möglich)

- Eikes Baumschule auf Französisch (mit jederzeit möglicher Sprachumschaltung)
- Eikes Baumschule auf Englisch (mit jederzeit möglicher Sprachumschaltung)
- Bestimmungsschlüssel für Nadelbäume
- Layout-Anpassung für PDA (z.B. Palm-Top, Pocket PC)

G2) Wie wichtig würden Sie folgende Angebote einschätzen?

- 1 (sehr wichtig) - 6 (absolut überflüssig)

a) Glossar mit einer Erklärung der verwendeten Begriffe

b) Hilfefenster in jedem Bestimmungsschritt

c) Suchfunktion, z.B. nach Giftpflanzen, Bäumen mit essbaren Früchten, Flügelfrüchten

d) Lernspiele, z.B. Memory

e) Download einer Baumliste, aus der jede Baumbeschreibung direkt abrufbar ist

G3) Welche weiteren Zusatzangebote würden Sie sich wünschen?

Haben Sie noch Fragen? Hier ist Platz für Ihre Anmerkungen:

Vielen Dank für Ihre Hilfe!

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hans-Joachim Lehnert für die Idee zu dieser Arbeit, die gute Betreuung und die Geduld nicht nur bei der Problembehebung am Server von Eikes Baumschule. Frau Prof. Dr. Petra Lindemann-Matthies danke ich für die Zweitkorrektur und die vielen fachkundigen Ratschläge. Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. Andreas Martens, Dorothee Benkowitz und allen anderen Kollegen im Fach Biologie an der PH Karlsruhe für den produktiven Gedankenaustausch, die konstruktive und motivierende Kritik und das angenehme Arbeitsklima.

Darüber hinaus danke ich allen, die bei der Entwicklung der Bestimmungshilfe und der Evaluation geholfen haben: Herrn Dipl. Inf. Adolf Mathias für die gute Zusammenarbeit bei der technischen Umsetzung des Bestimmungsschlüssel-Bausatzes, allen beteiligten Studentinnen der PH Karlsruhe für die tatkräftige Hilfe bei der Dateneingabe und der Durchführung der Tests sowie den Kindern und Lehrerinnen für die Teilnahme an den Bestimmungsübungen. Dem Naturschutzzentrum Rappenwört und der Gutenberg Schule Karlsruhe danke ich für die Bereitstellung der Lokalität für die Bestimmungsübungen. Die Evaluation wäre außerdem nicht möglich gewesen ohne die Benutzerinnen und Benutzer, die meine Fragebögen ausgefüllt und mir viele E-Mails mit Lob, Kritik und Anregungen geschickt haben.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern und meinem Mann Axel für ihre Unterstützung und Geduld sowie meiner Tochter Ronja für den Motivationsschub, der die Arbeit letztendlich zur Vollendung brachte.

Die Arbeit wurde durch die Landesgraduierten-Förderung und mit Forschungsmitteln der PH Karlsruhe gefördert.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt, wörtliche wie inhaltliche Entlehnungen kenntlich gemacht und außer den in der Dissertation genannten keine weiteren Hilfsmittel verwendet habe.

Ich versichere weiterhin, dass die Dissertation weder im Ganzen noch in Teilen Gegenstand eines Promotionsverfahrens an einer anderen Hochschule oder Gegenstand einer anderen akademischen Prüfung oder Staatsprüfung war.

Karlsruhe, den 18.02.2013

Denise Feketitsch