

# Steganographisches Illustrieren im Kontext von Multimedialem Lernen

Thomas Vogel, Jana Dittmann  
AG Multimedia und Security  
Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany  
E-mail:  [{thomas.vogel, jana.dittmann}@iti.cs.uni-magdeburg.de](mailto:{thomas.vogel, jana.dittmann}@iti.cs.uni-magdeburg.de)

## Kurzfassung

Dieses Dokument beschreibt die Anwendung steganographischen Illustrierens, um Lerninhalte stärker an digitale Lernmedien zu binden. Es werden Einschränkungen aufgezeigt, denen digitale Medien im Lernumfeld unterworfen sind, und wie ihnen mit der Methode des steganographischen Illustrierens begegnet werden kann. Des Weiteren werden Bezüge hergestellt zu bereits existierenden steganographischen Anwendungen, und der eigene Ansatz wird entsprechend eingeordnet. Abschließend wird am Beispiel einer Botanischen Bilddatenbank eine mögliche Anwendung vorgestellt.

## 1 Motivation

In den letzten Jahren ist der Einsatz von digitalen Medien in allgemeinen wie auch beruflichen Bildungsprozessen intensiv untersucht und diskutiert worden. Während ihre Kommunikations- und Informationsfunktion innerhalb dieser Prozesse nicht unumstritten ist, wird die Funktion von Medien für die Veranschaulichung und Aktualisierung von Bildungsinhalten allgemein anerkannt (s.a. [6]). Der Einsatz digitaler Medien darf jedoch nicht unreflektiert erfolgen, sondern muss didaktisch begründet sein. Faktum ist aber auch, dass digitale Medien bei der Ausgestaltung und Optimierung von Lehr- und Lern-Prozessen unterstützen können und daher immer breitere Verwendung finden.

Die fortschreitende Durchdringung der Bildungsprozesse geht zugleich mit einer stärkeren Fokussierung auf Konzepte selbstgesteuerten Lernens einher und hilft dem Lernenden, sich entsprechend seinem Lernbedarf weiterbilden zu

können. Traditionelle Formen des Lernens treten zunehmend in den Hintergrund und werden durch neue Ansätze ergänzt bzw. verdrängt. Multimediales Lernen ist somit kein passiv rezipierender Vorgang, vielmehr bestimmt die Interaktion des Lerners mit den Medien vorrangig den Lernfortschritt. Medien in Form von digitalen Bildern und Animationen helfen unter anderem bei der Visualisierung komplexer Zusammenhänge und spielen nach [5] bei der Vermittlung von Informationen eine zentrale Rolle im multimedialen Lernprozess. Um zusätzlich den Anforderungen hinsichtlich Interaktion gerecht werden zu können, ist es erforderlich, Lerninhalte in dynamischer Form zu präsentieren, d.h. der Lernende muss auf die Präsentation aktiv Einfluss nehmen und zusätzliche Informationen über die dargestellten Lerninhalte abrufen können. Diese Funktionalität können Standardformate zur Speicherung statischer Bilder und Animationen nicht bieten, daher muss das Element der Interaktion nachträglich hinzugefügt werden. Das bedeutet aber, Medium und interaktive Handlungsmöglichkeiten sind nicht integriert, sondern nur lose assoziiert. Daraus resultieren folgende Einschränkungen:

- Eine absichtliche oder unbeabsichtigte Trennung von Medium und Interaktionskomponente ist jederzeit möglich (Verletzung der Integrität). Dadurch kann das Medium für die Verwendung im Lehr- und Lernprozess unbrauchbar werden. Im Fall von digitalen Bildern könnte etwa das Bild selbst weitergegeben werden, allerdings ohne die assoziierten Zusatzinformationen.
- Das Medium selbst wird verändert, ohne dass die assoziierte Interaktionskomponente angepasst wird, oder umgekehrt (Verletzung der Authentizität bzw. Konsistenz). Beispielsweise könnte das Entfernen von Bauteilen aus einem Bauplan ohne entsprechen-

de Anpassung der Bildbeschreibung durchgeführt werden.

- Mehrere Medien können sinnvoll miteinander kombiniert werden, aber das Zusammenführen der Interaktionskomponenten kann sich deutlich problematischer gestalten. So können einzelne Objekte aus mehreren digitalen Bildern relativ leicht miteinander kombiniert werden, dagegen ist das automatisierte Zusammenführen der entsprechenden Interaktionskomponenten deutlich schwieriger.

Um die geschilderten Probleme zu überwinden, ist eine engere Bindung der Interaktionsmöglichkeiten an das Medium erforderlich.

Der vorliegende Beitrag zeigt Möglichkeiten auf, wie im Kontext multimedialer Lernszenarien Zusatzinformationen in Medien integriert werden können. Abschnitt 2 beschreibt allgemein, wie Informationen und Medien miteinander verschmolzen werden können, und welche Vorteile sich daraus ergeben. Die Realisierbarkeit der beschriebenen Ansätze wird in Abschnitt 3 anhand bereits existierender steganographischer Verfahren belegt. In Abschnitt 4 wird der Begriff des „Steganographischen Illustrierens“ eingeführt und das Konzept in allgemeiner Form vorgestellt. Außerdem wird weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich steganographischer Ansätze im Lernumfeld identifiziert. Abschnitt 5 zeigt beispielhaft ein Lernszenario auf, in dem das Konzept praktisch umgesetzt wird. Der letzte Abschnitt fasst die erreichten Ergebnisse zusammen.

## 2 Integration von Medien und Interaktionskomponenten

Die im vorigen Abschnitt geschilderten Probleme resultieren aus der relativ losen Verbindung zwischen dem Medium und den interaktiven Handlungsmöglichkeiten, oder – konkreter gefasst – zwischen dem Bild und den assoziierten Informationen. Ziel ist also die Integration der Zusatzinformationen in das Bild selbst. Darüber hinaus soll die Zusammenführung mehrerer Objekte aus verschiedenen Bildern unterstützt werden, ohne dass die assoziierten Informationen verloren gehen, d.h. die Zusatzinformationen müssen einzelnen Bildbereichen zugeordnet werden können. Beide Erfordernisse können mit

Hilfe steganographischer Verfahren umgesetzt werden, die Medien als Träger nutzen, um zusätzliche Informationen für den Betrachter nicht wahrnehmbar einzubringen. Die Information soll nur von demjenigen ausgelesen werden können, der die dazu erforderliche Berechtigung in Form von entsprechenden Sicherheitsparametern (z.B. einem kryptographischen Schlüssel) besitzt. Dabei wird das Medium zunächst mit der Information verschmolzen, d.h. auf die in binärer Form repräsentierten Daten des Mediums werden durch den *Einbettungsalgorithmus* die Zusatzinformationen als binäre Markierung aufgetragen. Diese Markierung wird so konstruiert, dass sie für einen Betrachter nicht wahrnehmbar ist, aber über den entsprechenden *Abfragealgorithmus* ausgelesen werden kann. Beispiele steganographischer Techniken für Bild- und Tonmaterial werden in [3] gegeben.

Im Hinblick auf die in Abschnitt 1 beschriebenen Einschränkungen bietet die Verwendung steganographischer Verfahren folgende Vorteile:

- Eine absichtliche oder unbeabsichtigte Trennung von Medium und Interaktionskomponente ist relativ schwierig oder kaum möglich. Im Fall von digitalen Bildern kann also das markierte Bild nur in Verbindung mit der eingebetteten Information weitergegeben werden.
- Steganographische Techniken können auch verwendet werden, um sicherzustellen, dass das Medium nicht verändert werden kann, ohne dass dadurch die eingebetteten Informationen gestört werden, und somit Manipulationen am Bildinhalt detektiert werden können. Das Entfernen bestimmter Objekte aus dem Bild würde beispielsweise die eingebrachte Information an diesen Stellen zerstören und eine entsprechende Anpassung der eingebetteten Markierung notwendig machen.
- Durch Verwenden von objektlokaler Kodierung, d.h. das Verschmelzen der eingebrachten Informationen mit einzelnen Bildbereiche bzw. Objekten, können auch Ausschnitte aus unterschiedlichen Bildern zusammengesetzt werden, ohne dass die eingebettete Information selbst verloren geht.

Diese positiven Eigenschaften steganographischer Verfahren sollen im folgenden Abschnitt an ausgewählten Beispielen illustriert werden.

### 3 Beispiele steganographischer Verfahren

Ein bereits existierendes Beispiel für die Anwendung steganographischer Techniken, die zum Ziel haben, Medium und Information untrennbar miteinander zu verbinden, stellen digitale Copyright-Wasserzeichen dar. Steganographische Verfahren werden hierbei genutzt, um Informationen über den Urheber oder den Käufer des Bildes direkt im Medium selbst abzulegen. Ziel ist es, die Authentizität des markierten Mediums zu schützen. Einerseits ermöglichen Copyright-Wasserzeichen die Urheberidentifizierung, um auf den Autor oder Verfasser eines digitalen Werks schließen zu können, andererseits werden dadurch Lösungen zur Kundenidentifizierung bereitgestellt, um legale Kopien identifizieren und illegale Kopien zum Erzeuger zurückverfolgen zu können. Auch hier ist das primäre Ziel, eine Trennung von Medium und eingebetteten Informationen in jedem Fall zu verhindern, denn nur so können die Rechte des Urhebers zuverlässig geschützt werden. Copyright-Wasserzeichen werden in der Praxis unter anderem in Digital Rights Management Systemen (DRMS) in Verbindung mit kryptographischen Verfahren eingesetzt, um die Rechte der Anbieter von digitalem Content zu schützen. Beispielhaft soll hier nur SealedMedia ([www.sealedmedia.com](http://www.sealedmedia.com)) genannt werden, wobei auch zahlreiche weitere Anbieter von Sicherheitslösungen am Markt partizipieren.

Auch für den passiven Schutz von Medien gegenüber Manipulationen lassen sich Beispiele steganographischer Verfahren im produktiven Umfeld finden, die genau diese Zielsetzung verfolgen. Digitale Integritäts-Wasserzeichen dienen dem Nachweis der Unversehrtheit von Medien. Dabei werden Informationen in das Medium eingebracht, die es erlauben, Manipulationen am Datenmaterial zu detektieren und – je nach eingesetztem Verfahren – zu lokalisieren. Allgemein gilt, dass bei all diesen Verfahren die eingebrachte Information die Semantik des Datenmaterials widerspiegelt, wodurch das Erkennen von Änderungen erst möglichst gemacht wird. Vor allem in der Überwachungstechnik leisten Integritäts-Wasserzeichen einen bedeutsamen Beitrag zum Schutz vor Manipulation. Durch die eingebrachte

Information kann beispielsweise die Integrität von digitalen Überwachungsvideos sichergestellt werden. Das Integritäts-Wasserzeichen wird dazu direkt innerhalb der Überwachungskamera bereits während der Aufnahme in den Datenstrom eingebettet, so dass eine spätere Manipulation der Videodaten anhand des Wasserzeichens aufgedeckt werden kann. Dadurch ist gewährleistet, dass die Aufnahme nicht unbemerkt verändert werden kann, sondern bereits kleinste Änderungen eine Differenz zwischen Wasserzeichen und Medium erkennen lassen. Derart geschützt wird die Aufnahme auch als zuverlässiges Beweismittel vor Gericht anerkannt.

Die häufigsten bekannten steganographischen Verfahren verteilen Informationen über das gesamte Medium, um einerseits eine möglichst hohe Detektionsrate zu erzielen, andererseits das unerlaubte Aufspüren und Verändern der eingebetteten Information zu verhindern. Ist gewährleistet, dass die Information an möglichst vielen Positionen eines Bildes eingebettet wurde, ist die Wahrscheinlichkeit sicher höher, dass die Information auch nach bildverändernden Maßnahmen noch erfolgreich ausgelesen werden kann, als wenn dieselbe Information nur an wenige oder gar an einen Bildbereich gebunden wird. Darüber hinaus muss ein potentieller Angreifer, der die eingebrachten Daten unerlaubt auslesen, verändern oder löschen will, das gesamte Bild untersuchen, und kann sich nicht nur auf begrenzte Bereiche konzentrieren.

Allerdings kann bei diesen Verfahren aufgrund einer meist schlüsselbasierten, pseudo-zufälligen Verteilung der Informationen im Bild nicht garantiert werden, dass nach Ausschneiden eines beliebigen Bildbereichs tatsächlich noch die gesamte eingebettete Information im ausgeschnittenen Bereich enthalten ist. Selbst wenn die gesamte Information im Ausschnitt noch vorhanden sein sollte, kann häufig aufgrund mangelnder Synchronisationsmöglichkeiten zum Wiederfinden der Informationen ein fehlerfreies Auslesen nicht gewährleistet werden. Eine Komposition verschiedener Bereiche aus unterschiedlichen Bildern führt mit diesen Verfahren daher nicht zum gewünschten Ergebnis.

Der kommerzielle Wasserzeichenanbieter Digi-Marc Technologies ([www.digimarc.com](http://www.digimarc.com)) hat allerdings bereits in [4] ein Konzept vorgestellt,

um unterschiedliche Informationen in getrennte Bildbereiche einzubetten. Sogenannte „Smart-Images“ enthalten Zusatzinformationen in Form von digitalen Wasserzeichen, die mittels eines entsprechenden Programms ausgelesen werden können. Hierbei werden die eingebrachten Informationen nur an ausgewählte Bildbereiche gebunden und nicht über das gesamte Bild gestreut, was objektlokales Kodieren erlaubt.

Ein zusätzlicher Vorteil steganographischer Verfahren besteht darin, dass die Techniken zur Markierung der Medien formatunabhängig arbeiten können. Somit kann bei der Auswahl der Medien auf standardisierte und verbreitete Medienformate zurückgegriffen werden. Diese Formatunabhängigkeit erlaubt es auch, dass steganographisch markierte Medien weiterhin mit Standardapplikationen genutzt werden können, d.h. ein Bildbetrachter wie IrfanView (vgl. [14]) extrahiert zwar nicht die steganographische Information, zeigt aber dennoch das markierte Bild ohne Einschränkungen an.

Je nach Anwendungsszenario können mit steganographischen Techniken ganz unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Generell sind aber die folgenden Eigenschaften für alle Verfahren relevant (vgl. [1]):

- *Detektierbarkeit*, d.h. die Information soll nicht ohne Kenntnis der erforderlichen Sicherheitsparameter im Medium aufgespürt werden können.
- *Transparenz*, d.h. das Medium soll durch das Einbetten der Zusatzinformationen nicht in wahrnehmbarer Form verändert werden.
- *Kapazität*, d.h. es soll möglichst viel Zusatzinformation in das Medium eingebracht werden können.

Wird darüber hinaus gefordert, dass die eingebrachten Informationen nach einer Veränderung des Mediums (etwa in Form von Formatkonvertierungen und Qualitätsanpassungen) weiterhin ausgelesen werden können, sind Verfahren notwendig, die hinsichtlich bestimmter Robustheitseigenschaften optimiert sind. *Robuste, digitale Wasserzeichen* (s.a. [2]) werden diesen Anforderungen gerecht. Im Kontext des steganographischen Illustrierens wird, um diese spezielle Form der Anwendung von Wasserzeichenverfahren deutlich zu kennzeichnen, der Begriff des *Illustrationswasserzeichens* verwendet, siehe dazu auch [1].

## 4 Steganographisches Illustrieren

Wie zuvor in den in Abschnitt 2 beschriebenen Anwendungsfällen gezeigt wurde, ist der Einsatz steganographischer Techniken nicht neu. Verfahren zur Kennzeichnung von digitalen Medien sind in den letzten Jahren in zahlreichen kommerziellen wie auch freien Softwarelösungen zum Einsatz gekommen und haben sich in der Praxis bewährt. Das hier vorgeschlagene Modell des steganographischen Illustrierens basiert auf diesen Verfahren und kann somit auf Forschungsergebnisse und Praxiserfahrungen aus diesem Bereich zurückgreifen. Zugleich werden neue Anforderungen offenbar, die eine Erweiterung und Anpassung bekannter Verfahren notwendig machen.

Im Folgenden sollen nun der Aufbau eines Systems zum steganographischen Illustrieren im Kontext multimedialen Lernens skizziert und die zentralen Komponenten dieses Systems beschrieben werden (s.a. Abbildung 1):

Zunächst werden die einzubringenden Informationen vom Lehrenden mit Hilfe eines Autorentools eingegeben und ausgewählten Objekten im Bild zugeordnet. Das Einbetten selbst wird mit einem steganographischen Encoder durchgeführt, der die eingegebenen Informationen als Markierung in das Medium einträgt. Diese Markierung soll als Illustrationswasserzeichen die in Abschnitt 2 genannten Eigenschaften steganographischer Techniken aufweisen und darüber hinaus robust sein gegenüber Formatkonvertierungen, Ausschnittbildungen und Skalierungen. Diese Eigenschaften sollen auch dann erhalten bleiben, wenn einzelne Objekte aus dem Bild herausgelöst werden, damit eine objektlokale Kodierung der Zusatzinformation sinnvoll möglich ist. Der Abfragealgorithmus wird in Form eines steganographischen Browsers realisiert, der die Informationen aus dem Medium extrahiert und darstellt, wobei der Lernende mit dem steganographischen Browser interagieren und so Einfluss auf die Darstellung nehmen kann. Der steganographische Browser kann dabei je nach Anwendung in Form eines Browser-Plugins bzw. einer Client- oder Web-Applikation realisiert sein. Werden die Lernmedien per Internet oder lokalem Netzwerk zur Verfügung gestellt, erscheint das Browser-Plugin bzw. die Web-

Anwendung als die bessere Lösung. Ist kein Netzzugang vorhanden und werden die Medien per Datenträger verteilt, kann alternativ auf die Client-Lösung zurückgegriffen werden.

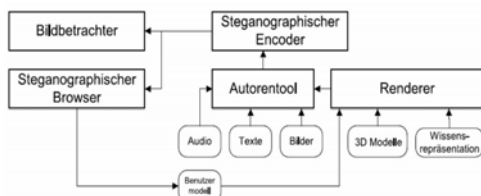


Abbildung 1: Komponenten aus [1]

In Abschnitt 5 wird ein Beispiel geliefert, wie steganographisches Illustrieren zur Veranschaulichung von Lerninhalten eingesetzt werden kann. Weitere Möglichkeiten der Anwendung werden in [1] vorgestellt.

Andererseits stellt der Prozess des objektlokalen Einbettens besondere Anforderungen an das verwendete steganographische Verfahren. Bereits in [4] wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, effizientere Einbettungs- und Auslesetechniken zu entwickeln, damit einerseits möglichst viele Informationen in das verwendete Medium eingebettet werden können, andererseits aber auch das fehlerfreie Auslesen der eingebrachten Information selbst nach verlustbehafteten Bildverarbeitungsoperationen (z.B. Enkodierung, Skalierung, Ausschnittbildung) noch möglich ist.

Zusätzlich ist zu untersuchen, wie die Auswahl der zu markierenden Objekte im Bild durch den Rechner sinnvoll unterstützt werden kann. Die Vorstellung einer allgemeinen, automatisierten Objekterkennung, die auf allen denkbaren Bildinhalten zuverlässig arbeitet, ist nicht realistisch. Das bedeutet, dass der Lehrende die zu markierenden Objekte und deren Begrenzung im Bild letztlich selbst bestimmen muss. Dennoch kann mittels moderner Bildverarbeitungstechniken wie etwa Segmentierung dem Lehrenden effektiv Hilfestellung gegeben werden. Vor allem im Bereich der multimedialen Datenbanken konnten für das Image – oder allgemeiner: Information – Retrieval mit Hilfe von Segmentierungsverfahren große Fortschritte erzielt werden. Als Beispiel soll hier nur auf das Projekt Blobworld der University of California at Berkeley (vgl. [13]) verwiesen werden.

Ein weiteres Forschungsfeld stellt die Visualisierung der eingebrachten Information dar. Zunächst muss das Problem der zeitlichen Anordnung gelöst werden: Sollen die eingebetteten Informationen gleichzeitig dargestellt werden oder nacheinander? Unabhängig davon muss entschieden werden wo die Zusatzinformationen angezeigt werden. Sollen die eingebetteten Informationen direkt im Bild selbst an ihrer jeweiligen Position erscheinen, werden dadurch andere Bildbereiche verdeckt. Werden die Informationen in einem separaten Bereich neben dem Bild angezeigt, ist eventuell die Zuordnung zu den ursprünglichen Positionen nicht mehr in ausreichendem Maße gegeben. Doch nicht nur die Lerninhalte müssen adäquat visualisiert sein, auch die Interaktion des Lernenden mit der Lernumgebung muss ausgestaltet werden.

Diese Fragen können nur bedingt in allgemeiner Form geklärt werden, da die Entscheidung für eine bestimmte Lösung nicht zuletzt vom jeweiligen Szenario abhängt. Mag für einen einfachen Vokabeltrainer die übliche Point-and-Click-Benutzerführung noch ausreichen, so erfordern etwa Lernszenarien aus dem beruflichen Umfeld durchaus komplexere Handlungsmöglichkeiten.

Ohne die Relevanz der Suche nach einer optimal unterstützten Segmentierung und einer angemessenen Visualisierung der Lerninhalte geringer einschätzen zu wollen, soll im Folgenden der Fokus auf die Untersuchung des steganographischen Verfahrens gelegt werden:

Das Einbringen von Informationen wird allgemein durch die Kapazität des Trägermediums limitiert. Sollen nun umfangreiche Informationen an kleine Objekte gebunden werden, wird das Problem offensichtlich. Es gilt hierbei, dass man entweder zu einer gegebenen Information eine minimale Objektgröße fordern muss, (wobei das Objekt eventuell zusätzliche Eigenschaften besitzen muss, wie etwa eine ausgeprägte Texturierung), oder aber, dass man zu einem gegebenen Objekt nur eine bestimmte maximale Kapazität für einzubettende Informationen ausnutzen kann. Diese Beschränkung lässt sich deutlich entschärfen, indem man nicht die Informationen selbst, sondern nur eine Referenz auf die eigentlichen Informationen einbettet. Hält man die Information in einer Datenbank oder auf einer Webseite vor, reicht die Angabe einer ID oder URL, um an

die Informationen zu gelangen. Im Kontext des Lernumfelds würde das bedeuten: Der Lehrende wählt die entsprechenden Informationen im Auto-rentool aus, wobei der steganographische Encoder nicht mehr die Information selbst in das Medium einbettet, sondern nur noch einen Verweis darauf. Der steganographische Browser könnte dann die ausgelesene Referenz auflösen und dem Lerner die eigentlichen Lerninhalte zur Verfügung stellen. Durch Nutzen von Referenzen kann die Kapazität nahezu beliebig gesteigert werden, da die Menge der maximal möglichen Informationen, die eingebracht werden können, unabhängig von der Objektgröße ist. Allerdings muss die Datenbank bzw. Webseite von der Lernumgebung aus während des gesamten Lernprozesses erreichbar sein (Anforderung an Verfügbarkeit).

Um die Robustheit des Verfahrens zu verbessern, können aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Bereich der digitalen Wasserzeichen und Steganographie herangezogen werden. Für das Einbringen der Informationen lassen sich nach [2] allgemein zwei Techniken unterscheiden:

- *Bildraumverfahren* arbeiten auf den Farb- und Helligkeitskomponenten des Bildes. Die einzubettende Information wird direkt auf einzelne Pixelwerte aufgetragen und kann vom Abfragealgorithmus unmittelbar ausgelesen werden. Ein Beispiel für ein Bildraumverfahren wird in [9] gegeben.
- *Frequenzraumverfahren* basieren auf der Verwendung einer Transformationskodierung, welche die Pixelwerte des Bildes in eine Frequenzdarstellung überführen, deren Koeffizienten den Pixelblock repräsentieren. Diese transformierten Komponenten des Bildes werden zum Einbetten verwendet. Vor dem Auslesen der Information muss ebenfalls eine entsprechende Transformation durchgeführt werden. Eines der ersten Frequenzraumverfahren wurde von Koch und Zhao in [10] vorgestellt.

Die Eigenschaften der jeweiligen Verfahren hinsichtlich Transparenz und Robustheit sind einerseits von den verwendeten Einbettungs- und Abfragealgorithmen abhängig, d.h. an welchen Stellen die Information wie eingebracht wird, andererseits spielt im Falle der Frequenzraumverfahren nicht zuletzt auch die verwendete Transformation eine entscheidende Rolle. Neben Fre-

quenzraumverfahren, welche die Diskrete Cosinus-Transformation (DCT) nutzen, werden vor allem Verfahren, die auf der Diskreten Wavelet-Transformation (DWT) aufsetzen, intensiv untersucht. Neben der Verbesserung der Transparenzeigenschaften konnte hierbei auch eine Optimierung hinsichtlich der Robustheit erzielt werden (vgl. [7]), wobei die Kombination mit Optimierungsverfahren wie z.B. genetischen Algorithmen die Resultate weiter verbessern kann (vgl. [8]). Allgemein gelten Frequenzraumverfahren im Vergleich zu Algorithmen, die im Bildraum arbeiten, als robuster gegenüber typischen Bildverarbeitungsprozessen (s.a. [3], [11], [12]) und sollen daher auch im Kontext des steganographischen Illustrierens bevorzugt betrachtet werden.

## 5 Anwendungsbeispiel

Am Beispiel des Was-ist-was-Lernszenarios (s.a. Abbildung 2) sollen nun die Anwendungsmöglichkeiten des steganographischen Illustrierens für Lehr- und Lernprozesse verdeutlicht werden.

Das Lernen findet in Interaktion zwischen dem Lernenden und dem steganographischen Browser statt. Dem Lernenden wird im Browser ein Bild gezeigt, auf dem Objekte zu sehen sind, denen er Bezeichnungen zuordnen muss. Die Bezeichnungen können in geschlossener Form (z.B. Multiple-Choice-Verfahren), wie auch in offener Form (z.B. Freitexteingabe) abgefragt werden. Der Browser vergleicht die eingegebene Antwort mit der aus dem Bild extrahierten Information. Das Ergebnis des Vergleichs wird dem Lernenden mitgeteilt. Dieses Lernszenario ist nicht auf bestimmte Altersgruppen beschränkt, sondern kann sowohl in der Früherziehung (Erwerb allgemeiner Sprachfertigkeiten) wie auch in der beruflichen Bildung (Erlernen einer Fremd- bzw. Fachsprache) eingesetzt werden.

Aufgrund der objektlokalen Markierung können einzelne Bildbereiche automatisiert ausgeschnitten und zu neuen Bildern zusammengesetzt werden, ohne dass dadurch die eingebrachte Information verloren geht. Denkbar wäre etwa eine pseudo-zufällige Komposition von Einzelbildern, um bekannte Lerninhalte in immer neuen Kontexten zu präsentieren (z.B. beim Lernen von Vokabeln einer Fremdsprache).



Abbildung 2: Beispiel Illustration aus [1]

Umgekehrt können Bilder anhand der eingebetteten Information relativ einfach in automatisierter Form klassifiziert und zugeordnet werden, auch dann, wenn sie selbst nur Teil eines zusammengesetzten Bildes sind. Dadurch kann sich der Lernende unter Nutzung vorhandener Medien, manuell eigene Medienkompositionen anlegen, die vom System als Lerninhalte genutzt werden können.

Abschließend soll ein konkretes Anwendungsbeispiel für steganographisches Illustrieren gegeben werden. Die Universität Basel stellt in [15] eine Botanische Bilddatenbank zur Verfügung, die mehr als 4.300 Abbildungen und Fotos von Pflanzen enthält. Eine sinnvolle Ergänzung des umfangreichen Angebots könnte im Einbringen zusätzlicher Informationen (z.B. eine textuelle Beschreibung, oder die Benennung einzelner Teile der Pflanze) direkt in die Bilddaten bestehen. Benutzer der Datenbank könnten weiterhin wie gewohnt die Bilder verwenden, zusätzlich bestände aber die Möglichkeit, über einen steganographischen Browser die eingebetteten Zusatzinformationen auszulesen. Die Zusatzinformationen sind allerdings nicht auf den einfachsten Fall, d.h. die Bezeichnung der Pflanze, beschränkt. Es könnten auch wesentlich umfangreichere Informationen angeboten werden, etwa per eingebettetem Link auf eine Webseite oder durch Einbetten einer ID, die auf einen Datenbankeintrag verweist.

## Zusammenfassung

Es wurde gezeigt, wie mit Hilfe der Methode des steganographischen Illustrierens Lerninhalte und

Lernmedien miteinander verschmolzen werden können, um digitale Medien stärker in den Lernprozess zu integrieren. Neben der Realisierung in Form von Illustrationswasserzeichen wurde auch ein mögliches Anwendungsszenario vorgestellt. Daneben wurden die Anforderungen aufgezeigt, die steganographisches Illustrieren in technischer wie auch inhaltlicher Hinsicht stellt. Zentraler Punkt weiterer Untersuchungen sind das Finden einer adäquaten Visualisierung der eingebrachten Informationen, Verbesserung vorhandener Wasserzeichenverfahren hinsichtlich Robustheit und Kapazität, sowie eine weitreichende, rechnerbasierte Unterstützung des Lehrenden beim Zusammenführen von Lernmedien und Lerninhalten.

## Literatur

- [1] Jana Dittmann, Knut Hartmann, Henry Sonnet, Felix Ritter, Thomas Strothotte, „*Steganographisches Illustrieren: Neue Perspektiven für Try&Buy*“, Proc. Of DACH 2003.
- [2] Jana Dittmann, „*Digitale Wasserzeichen*“. Springer Verlag, Berlin, 2000.
- [3] Stefan Katzenbeisser, Fabien A.P. Petitcolas, editors, „*Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*“. (computer security series). Artech House Books, 2000.
- [4] Adnan M. Alattar. „*Smart Images Using Digimarc's Watermarking Technology*“. In Proceedings of SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents II, volume 3971, pages 264–273, 2000.
- [5] Bernhard Bonz, „*Methoden der Berufsbildung*“, Hirzel Verlag, Stuttgart, 1999.
- [6] Dieter Euler, „*Didaktik des computerunterstützten Lernens*“, BW Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH, Nürnberg, 2. Auflage., 1992.
- [7] Yanmei Fang Ning Bi, Daren Huang, Jiwu Huang, „*The Multi-band Wavelets in Digital Image Watermarking*“, Microsoft, 2004.
- [8] Prayoth Kumsawat, Kittit Attakitmongcol, Arthit Srikaew. „*Genetic Algorithm Optimization of Multiwavelet-Based Image Watermarking*“, IEEE, 2004.

- [9] N. Nikolaidis, I. Pitas, „*Robust image watermarking in the spatial domain*”, Signal Processing Vol. 66 No 3, (May 98), pp. 385-403, 1998.
- [10] J. Zhao, E. Koch, „*Embedding Robust Labels Into Images For Copyright Protection*”, In Proc. Of the KnowRight'95 Conference, Intellectual Property Rights and New Technologies, pp. 242-251, 1995.
- [11] Y. J. Song, T. N. Tan, „*Comparison of Four Different Digital Watermarking Techniques*”, Proc. SPIE-Visual Communications and Image Processing, 2000.
- [12] F. Hartung, M. Kitter, „*Multimedia Watermarking Techniques*”, In Proc. IEEE, Vol. 87 No 7, pp. 1079-1107, 1999.
- [13] Chad Carson, Serge Belongie, Hayit Greenspan, Jitendra Malik, „*Blobworld: Image segmentation using Expectation-Maximization and its application to image querying*”, University of California, Berkeley, 1999.
- [14] Irfan Skiljan, „*IrfanView – Freeware Graphic Viewer*“, <http://www.irfanview.de/>, 2004.
- [15] Dr. Heinz Schneider, „*Botanical Image Database – Botanische Bilddatenbank*“, <http://www.unibas.ch/botimage/>, 2004.