

Expertensysteme

Seminar zur Didaktik der Informatik

*vorgelegt von
Frank Zabel und Tino Hempel*

Greifswald, im Januar 2000

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| <u>THEORIE UND ANWENDUNG DER EXPERTENSYSTEME</u> | 3 |
| KÜNSTLICHE INTELLIGENZ | 3 |
| DEFINITION EXPERTENSYSTEM | 4 |
| PRINZIPIELLE STRUKTUR EINES EXPERTENSYSTEMS | 4 |
| ANWENDUNG DER EXPERTENSYSTEME | 5 |
| FOLGERUNGEN UND GEFAHREN | 5 |
| <u>ÜBERBLICK ÜBER DIE UNTERRICHTSEINHEIT</u> | 6 |
| EINORDNUNG DER UNTERRICHTSEINHEIT IN DEN LEHRPLAN | 6 |
| ZIELE DER UNTERRICHTSEINHEIT | 6 |
| INHALTLICHE HINWEISE | 6 |
| <u>PLANUNG DER UNTERRICHTSEINHEIT EXPERTENSYSTEME</u> | 7 |
| GROBPLANUNG | 7 |
| GLIEDERUNG UND ABLAUF | 7 |
| 1. DOPPELSTUNDE | 7 |
| 2. DOPPELSTUNDE | 8 |
| 3. DOPPELSTUNDE | 8 |
| AB DER 4. DOPPELSTUNDE | 8 |
| <u>LITERATUR UND QUELLEN</u> | 9 |
| <u>ANHANG</u> | 9 |
| ARBEITSBLÄTTER | 9 |
| ARBEITSBLATT 1 - COMPUTER UND EXPERTEN | 10 |
| ÜBERSICHT 1 - BAUMSTRUKTUR FIGUREN | 11 |
| ÜBERSICHT 2 - BAUMSTRUKTUR 12 EU-STAAATEN | 12 |
| ÜBERSICHT 3 - BAUMSTRUKTUR 15 EU-STAAATEN | 13 |
| ÜBERSICHT 4 - FLAGGEN 15 EU-STAAATEN | 14 |
| ÜBERSICHT 5 - FLAGGEN ERWEITERUNG DER EU | 15 |

Expertensysteme

Weber's Auslegung

*Ein Experte ist jemand, der immer mehr über immer weniger weiß,
bis er zuletzt absolut alles über nichts weiß.*

Weinberg's Folgerung

*Ein Experte ist eine Person, die kleine Fehler vermeidet,
während sie dem großen Irrtum entgegengeht.*

Künstliche Intelligenz ist sowohl Traum als auch Alptraum der Menschen. Sprechende und denkende Maschinen, die uns eine Vielzahl von Tätigkeiten einschließlich des Denkens selbst abnehmen, gehören schon bald zum Standard! Diese Aussage der Informatiker Mitte der 60er Jahre nutzen Kino und Fernsehen, um dem zahlenden Publikum auch die Gefahren „nahe zu bringen“. Doch was ist nun Künstliche Intelligenz und wie wird der „Alleskönner“ Computer zu einer solchen Maschine?

Theorie und Anwendung der Expertensysteme

Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (Abk. KI, engl. artificial intelligence - AI) ist ein Teilgebiet der Praktischen Informatik. Die KI beschäftigt sich prinzipiell mit

- Erfassen und Nachvollziehen intelligenten Verhaltens von Computern,
- Lösen von Problemen, die Intelligenzleistungen voraussetzen, mit Hilfe eines Computers.

Diese zwei Tätigkeitsfelder schlagen sich auch in den Teilgebieten der KI nieder.

- Automatisches Beweisen
- Expertensysteme
- Natürlich-sprachliche Kommunikation
- Bildverstehen (Mustererkennung) und Animation
- Robotik

Künstliche Intelligenz soll als die Fähigkeit von Computern verstanden werden, Aufgaben zu erledigen, die normalerweise menschliches Zutun, also Intelligenz erfordern. Beispiele hierfür sind Strategiespiele (Dame, Schach) oder das Verstehen und Sprechen der natürlichen Sprache. Es sind also Probleme, die man nicht unmittelbar durch einen überschaubaren Algorithmus beschreiben kann.

„Nimmt man an, dass man in einer gegebenen Stellung etwa 25 verschiedene Züge machen kann und dass man 10 Halbzüge (5 eigene und 5 gegnerische Züge) vorausdenken will, so muss man $25^{10} \approx 9,5 \cdot 10^{13}$ Stellungen überschauen und bewerten können. Ein außerordentlich schneller Computer, der 250000 Stellungen in der Sekunde untersuchen kann, wäre allerdings mehr als 12 Jahre damit beschäftigt, zu einer Stellung den optimalen Zug (innerhalb der 10 Halbzüge) zu finden.“ [1]

Ob eine Maschine (Automat) intelligent ist, sollte man über den von Alan Turing entwickelten und nach ihm benannten Turing-Test herausfinden können: „In einem Zimmer sitzt eine Person an einer Kommunikationseinheit. Diese führt in einen zweiten Raum, in dem sich entweder ein Mensch oder ein Computer befindet. Die Person muss nun aus der Analyse der Antworten auf von ihr gestellte Fragen herausfinden, ob sie mit dem Menschen oder dem Computer spricht. Kann die Person nicht zwischen Mensch und Computer unterscheiden, zeigt der Computer demnach echtes intelligentes Verhalten.“ Bisher gibt es noch kein Programm, welches für beliebige Dialoge den Test besteht. Allerdings existieren Programme, die zumindest für einen Teildialog den Turing-Test bestehen. Dennoch werden die Programme nicht als intelligent bezeichnet.

Psychologen und Informatiker sehen in der menschlichen Intelligenz die Fähigkeiten, sich mit neuen und ungewohnten Situationen und Problemstellungen auseinandersetzen zu können und zu versuchen, Problemlösungen zu finden. Dabei sind kombinatorische als auch repetitorische Fähigkeiten gefordert. KI ist in demzufolge die Fähigkeit von Maschinen, eigenständig Problemlösungen zu suchen, anstatt lediglich die bereits vom Programmierer Schritt für Schritt vorgefertigten Lösungen nachzuvollziehen. Deshalb findet ein KI-Programm ähnlich wie der menschliche Experte nur in den meisten Fällen und nicht immer Problemlösungen. KI soll also die Simulation von bestimmten menschlichen (Denk-) Fähigkeiten sein.

Definition Expertensystem

Zu Beginn der KI-Forschungen versuchte man noch allgemein anwendbare Problemlösungstechniken zu finden. Es zeigt sich aber schnell, dass die gefundenen Lösungskompetenzen bereichsspezifisch waren. Außerdem stellte man fest, dass neben den analytisch-logischen auch heuristische Verfahrenswesen in die Problemlösung einfließen mussten. Und diese brachten eine Abhängigkeit vom gespeicherten Wissen mit.

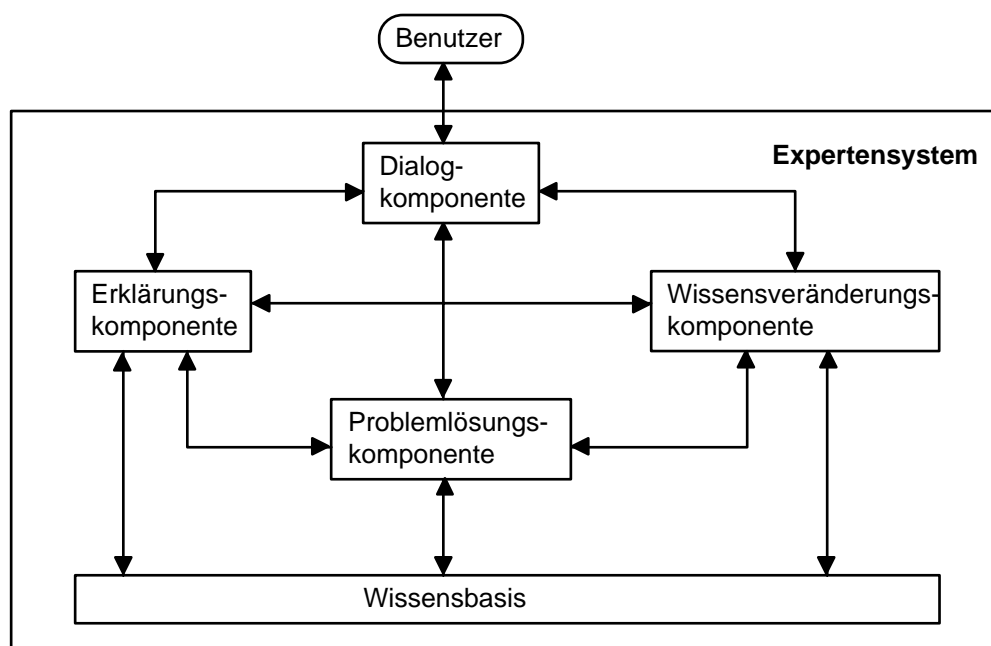
„Ein Expertensystem ist ein Programmsystem, das ‘Wissen’ über ein spezielles Gebiet speichert und ansammelt, aus dem Wissen Schlussfolgerungen zieht und zu konkreten Problemen des Gebietes Lösungen anbietet.“ [1]

Expertensysteme können demnach:

- große Mengen Wissen repräsentieren,
- aus dem Wissen auf logischem/heuristischem Wege Schlussfolgerungen ziehen und neues Wissen gewinnen,
- im Benutzerdialog zu gegebenen Problemen Lösungen finden und den Lösungsweg erläutern.

Prinzipielle Struktur eines Expertensystems

Um oben genannte Aufgaben erfüllen zu können, müssen Expertensysteme aus folgenden Teilen aufgebaut sein:



- **Wissensbasis:**
enthält alle Fakten und Regeln, bildet die Grundlage des Systems
- **Erklärungskomponente:**
erklärt dem Anwender, wie ein Ergebnis entstanden ist; Überprüfungsmöglichkeit durch Experten
- **Problemlösungskomponente:**
sucht und verknüpft Fakten und Regeln nach einer vorgegebenen Strategie; produziert Folgerungen und Ergebnisse

- **Dialogkomponente:**
lenkt das Gespräch zwischen Anwender und Expertensystem
- **Wissensveränderungskomponente:**
ermöglicht den Ausbau der Wissensbasis durch Hinzufügen oder Verändern von Fakten und Regeln

Damit unterscheiden sich Expertensysteme von (relationalen) Datenbanken. Sie verarbeiten nicht Daten, sondern ziehen unter Ausnutzung von Regeln und Fakten Schlüsse über einer Wissensbasis. Dies geschieht z.T. **heuristisch**. Außerdem sind Expertensysteme **lernfähig**, d. h. sie können Wissen gewinnen und ihre Basis erweitern. Darüber hinaus erklären die Systeme ihre gefundenen Ergebnisse und geben die Lösungswege bekannt, sie sind also **selbsterklärend**.

Anwendung der Expertensysteme

Typische Anwendungsgebiete von Expertensystemen sind in erster Linie die Medizin (MYCIN) aber auch die Interpretation von geologischen Messdaten, die Steuerung von Maschinen, die mathematische Beweisführung (MACSYMA), die Konfigurierung von Computersystemen (R1, CONAD), usw.

„Eines der ersten Expertensysteme ist das in den 70er Jahren an der Stanford University, Kalifornien, entwickelte MYCIN, das einen Arzt bei der Diagnose und Therapie von Infektionskrankheiten, insbesondere bakteriellen Krankheiten des Blutes, unterstützen soll. Das Programm stellt dem Benutzer (Arzt) Fragen über den Patienten, erläutert seine Schlüsse und bewertet die vorgeschlagenen Diagnosen und die Therapie. Da in der Medizin relativ häufig mit vagen, d. h. mit nicht sicherem Wissen der Form 'Wenn der Patient unter der Krankheit A leidet, so ist die Therapie B für gewöhnlich die geeignetste' gearbeitet wird, kann MYCIN jedem Wissenselement eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Sie legt fest, mit welcher Sicherheit das entsprechende Wissen zutrifft. Der schließlich von MYCIN abgegebene Diagnose- und Therapievorschlagn ist ebenfalls mit einer Wahrscheinlichkeit versehen und ermöglicht dem Arzt eine Bewertung der Risiken des Vorschlages.“ [1]

Folgerungen und Gefahren

Um Expertensysteme zu konstruieren, mussten neue Programmiersprachen entwickelt werden. Diese Sprachen dürfen nicht mehr aus einer Sequenz von Anweisungen bestehen, sondern die Regeln und Fakten des Expertensystems in äquaten Formulierungen darstellen können. Ein typischer Vertreter dieser Programmiersprachen ist PROLOG.

Der Einsatz von Expertensystemen bringt auch Gefahren.

„Ohne Komplikationen wurde eine Patientin in Nevada operiert. Eine Schmerzmittel-Maschine wies das Personal an, 500 mg des Medikamentes zu verabreichen. 30 Minuten nach der erfolgreichen Operation und der Fehldosierung fiel die Frau ins Koma. Fünf Tage später wurde Hirntod diagnostiziert. Die Patientin war die Sekretärin eines Anwaltes, der umgehend eine Schadenersatzforderung gegen das Spital anstrebte, und zwar aufgrund eines Schadens, der durch ein Expertensystem verursacht wurde.“ [2]

Problematisch ist der Einsatz, weil

- die heuristische Wissensbasis als auch die programmtechnische Umsetzung fehlerträchtig sind, insbesondere die Methoden der Formalisierung unscharfen Wissens,
- Expertensysteme von vornherein als nicht hundertprozentig zuverlässig geplant sind,
- Prüfung auf Korrektheit bereits bei „normalen“ Programmen mühsam und (fast) unmöglich ist,
- die Verantwortung auf eine Maschine übertragen wird, was jedoch nicht machbar ist.

„Als Folgerung daraus erscheint es unumgänglich, dass Expertensysteme nicht einfach unerfahrenen und in der Anwendung ungeschulten Benutzern überlassen werden dürfen. Ihr Einsatz in kritischen Bereichen [...] ist nur zur Unterstützung von Fachexperten zu verantworten. Expertensysteme können Fachexperten nicht ersetzen, sondern sie nur in ihrem verantwortungsbewussten Handeln unterstützen.“ [3]

Überblick über die Unterrichtseinheit

Einordnung der Unterrichtseinheit in den Lehrplan

Jahrgangsstufen 9 und 10 (aus dem Rahmenplan)

Die informatische Bildung ist als spiral-curricularer Prozess angelegt. In ihm bilden die Wahlpflichtkurse Informatik in den Jahrgangsstufen 9 und 10 nicht nur für Haupt- und Realschüler einen gewissen Abschluss, sondern auch für zahlreiche Schüler des Gymnasiums. Mit dem Unterricht ist deshalb ein solches Niveau im Umgang mit Informatiksystemen als Kulturtechnik zu erreichen, dass Sach-, Handlungs- und Beurteilungskompetenz im erforderlichen Umfang herausgebildet werden.

Das Hauptaugenmerk in diesen zwei Jahrgangsstufen ist auf die Bündelung von Erkenntnissen zu zwei wesentlichen Themenbereichen zu richten, die in diversen Fächern eine Rolle spielen: *Sprachen* (Muttersprache, Fremdsprachen, Fachsprachen, Programmiersprachen) und *Modelle* (Datenmodell, Aktivitätenmodell, Modellkritik).

Die Schüler sollen ihr Wissen und Können aus der Informatischen Grundbildung vertiefen und neue Anwendungsbereiche für den Einsatz von Informatiksystemen kennen lernen.

Das Thema „Sprachen und Sprachkonzepte“ ist verbindlich. Die Auswahl weiterer Themen sollte gemeinsam mit den Schülern vorgenommen werden:

- Modellbildung und Simulation
- Nutzen und Gestalten von Multimedia
- Expertensysteme
- Computer und Recht
- Graphik

Ziele der Unterrichtseinheit

Die Schüler sollen:

- einen Einblick in Anwendungen von Expertensystemen erhalten,
- einfache Wissensbasen für Expertensysteme analysieren und entwickeln können,
- erkennen, dass Expertensysteme Ausschnitte des menschlichen Wissens simulieren,
- Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Expertensystemen kennen lernen,
- die ethisch-moralische Verantwortung beim Einsatz von Expertensystemen erkennen.

Inhaltliche Hinweise

- **Vergleich menschlicher und künstlicher Intelligenz**
Ausgangspunkt kann eine Zusammenstellung von Beschreibungen des Begriffs Intelligenz sowie ein Vergleich von Allgemein- und Fach-(Experten)wissen sein.
 - **Anwenden eines Expertensystems als Benutzer**
Schülergruppen sollten sich auf ein Spezialgebiet vorbereiten, um in einem Frage-und-Antwort-Spiel ihr Expertenwissen darzustellen.
 - **Analyse eines wissensbasierten Expertensystems**
Die Analyse kann mit Hilfe eines Ausdrucks einer Wissensbasis erleichtert werden. Die Lernenden sollen erkennen, dass die Wissensbasis aus zwei Teilen besteht, der Struktur und den Daten.
 - **Verändern und Erweitern einer Wissensbasis**
 - **Erstellen einer Wissensbasis**
Nach dem Erstellen eines kleinen Expertensystems bietet sich ein größeres Projekt an, z. B. ein Expertensystem zur Beratung über Berufseignung.
-

Planung der Unterrichtseinheit Expertensysteme

Grobplanung

| Stunden | Inhalt |
|---------|---|
| 1/2 | Experten <ul style="list-style-type: none"> • Menschliche Experten • Fachwissen • Vergleich menschlicher und künstlicher Intelligenz |
| 3/4 | Anwendung und Analyse eines Expertensystems <ul style="list-style-type: none"> • Beispiel: Flaggen der EU • Software: EXSY-didakt • Wissensbasis • Struktur und Daten |
| 5/6 | Erweiterung und Änderung einer Wissensbasis <ul style="list-style-type: none"> • Beispiel: Flaggen der EU • Software: EXSY-didakt • Wissensbasis • Struktur und Daten |
| 7/14 | Projekt <ul style="list-style-type: none"> • Erstellen einer neuen Wissensbasis z.B. Vielecke • Arbeit mit der neuen Wissensbasis • Übung und Festigung • Möglichkeiten und Grenzen von Expertensystemen |

Gliederung und Ablauf

1. Doppelstunde

1.1 Menschliche Expertinnen und Experten

„Was ist ein Experte und was ist Fachwissen?“

1.2 Der Computer als Experte

„Welche Fähigkeiten werden benötigt?“

Durch eine Hausaufgabe bereiten sich Schüler in Gruppen auf spezielle Themen vor. Hier sollten die Interessen und Hobbies der Schüler bzw. Unterrichtsinhalte anderer Fächer genutzt werden.

Mögliche Themen könnten sein:

- Regeln im Fußball
- Musikgruppe, Musikrichtung
- Persönlichkeiten oder Ereignisse der Geschichte
- Geografische Regionen bzw. Erscheinungen

Die Vorbereitung sollte langfristig, mindestens 14 Tage, erfolgen.

In spielerischer Form von Quizrunden demonstrieren die Gruppen ihr "Fachwissen" und erweisen sich als Experten auf "ihrem" Gebiet. Eine Gruppe wird durch den Lehrer mit den Flaggen der EU-Staaten vertraut gemacht. Auch diese Gruppe stellt ihr Wissen unter Beweis.

Die ersten Gruppen sollten auf konkrete Wissensfragen antworten. Die Flaggengruppe sollte im Ratespiel durch Entscheidungsfragen ausgewählte Flaggen der anderen Schüler erkennen/erraten. Hier sollte nun die unterschiedliche Art der Fragestellung erkannt werden. Dann wird schrittweise der Übergang zum Computer vollzogen, wobei analysiert wird, welche Fähigkeiten diese Maschine als Experten erscheinen lassen. Dazu kann Arbeitsblatt 1 genutzt werden.

2. Doppelstunde

2.1 Benutzung des Expertensystems EXSY-didakt als Anwender

„Wie hilft das Expertensystem bei der Bestimmung der Flaggen der EU?“

Hier wird der Umgang mit einem Expertensystem als Benutzer erlernt. Dabei sollten die Begriffe **Expertensystem, Wissensbasis mit Fakten und Regeln** benutzt werden.

2.2 Analyse eines wissensbasierten Expertensystems

„Wie ist das Wissen gespeichert?“

Hier wird durch Abfragen der Wissensbasis die Baumstruktur mit Fragen, Antworten und Informationen erarbeitet. Die Begriffe **Strukturbaum, speziell Binärbaum, Wurzel, Knoten, Blätter, Wissensbasis, Fakten und Regeln** sind am Beispiel der Flaggenbestimmung einzuführen. In dieser Stunde sollte mit der Erarbeitung eines Tafelbildes begonnen werden. Dabei sind die Begriffe **Experte, Intelligenz, Expertensystem, Wissensbasis mit Fakten und Regeln, Strukturbaum** zu definieren.

3. Doppelstunde

Gegebenenfalls Fortsetzung der Analyse des Expertensystems aus der 2. Doppelstunde.

„Wie kann die Wissensbasis ausgebaut oder geändert werden?“

Die Schüler sollen lernen, wie eine Wissensbasis durch Experten verändert werden kann. Dazu üben sie den Umgang mit einem wissensbasierten Expertensystem im Expertendialog.

2 Möglichkeiten sind denkbar:

- Wissensbasis durch neues Wissen erweitern,
- das in der Wissensbasis bereits enthaltene Wissen wird verändert.

Am Beispiel des Flaggensystems werden die Staaten Österreich, Schweden und Finnland eingearbeitet. Für weitere Übungen und sehr gute Schüler wäre eine Erweiterung auf Beitrittskandidaten denkbar.

Dabei ist es günstig, dass die Schüler eine Kopie des Strukturbaumes des Expertensystems der 12 EU-Flaggen erhalten und auf diesem Arbeitsblatt die Erweiterung vornehmen.

ab der 4. Doppelstunde

„Wie wird ein Expertensystem aufgebaut?“

Die Schüler sollen arbeitsteilig in Gruppen ein neues Expertensystem entwickeln und dieses einsetzen. Dabei ist es wichtig, dass sie sich zunächst theoretisch mit der Problemstellung vertraut machen und anschließend einen Binärbaum zeichnen. Erst dann sollte die Umsetzung auf dem Computer erfolgen. Es bietet sich auch an, dass sich die Schüler vor der Eingabe der Wissensbasis Fragen überlegen, um das Expertensystem zu testen.

Da die Erstellung des neuen Systems arbeitsteilig erfolgt, muss eine Zusammenführung der verschiedenen Wissensbasen erfolgen. Anschließend kann dann der Test des Systems erfolgen. Dabei sollte der nicht durch die Gruppe erstellte Teil des komplexen Expertensystems besonders betrachtet werden.

Ein mögliches Thema, welches sehr gut in Teile gegliedert werden kann, ist die Betrachtung geometrischer Figuren.

Weitere Themenvorschläge

- Erweiterung, Veränderung oder Verbesserung der Wissensbasis ASCHO (Beratungssystem für Ordnungsmaßnahmen aus Sicht der Schüler)
 - Expertensystem/Auskunftssystem über alle Schülerinnen und Schüler einer Klasse
 - Expertensystem/Auskunftssystem über alle Lehrerinnen und Lehrer einer Schule
 - Expertensystem über ausgewählte Tierrassen
 - Expertensystem zur Pflanzenbestimmung
 - Expertensystem zur Diagnose von Fehlern am Fahrrad
 - Expertensystem für Musikgruppen einer Musikrichtung
-

- Expertensystem zur Schullaufbahnberatung
- Expertensystem zur vereinfachten Berufswahl
- Expertensystem zur Wahl einer Arbeitsgemeinschaft
- Expertensystem über Fußballvereine
- Expertensystem über Diagnose häufig auftretender Krankheiten
- Expertensystem zur Auswahl eines geeigneten Computers
- Expertensystem eines geeigneten Urlaubsgebietes
- Expertensystem / Beratungssystem für Klassenfahrten
- Expertensystem / Beratungssystem für den Autokauf
- Expertensystem / Beratungssystem für Geldanlagen
- Expertensystem / Beratungssystem für HiFi- und Musikelektronik

Literatur und Quellen

- [1] Engesser, H. [Hrsg.]: Duden „Informatik“. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993, Eintragungen „Künstliche Intelligenz“ und „Expertensystem“.
- [2] Computer Unreliability and Social Vulnerability, Futures June 1990, von Tom Forester und Perry Morris
- [3] Dresch, P-J. [u.a.]: Lehrerfortbildung in Nordrhein-Westfalen. Hg. Landesinstitut für Schule und Ausbildung, Soest: 1991.
- [4] Breier, N.: Didaktik der Informatik. Vorlesung 1999/2000
- [5] Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenplan Informatische Grundbildung Jahrgangsstufen 5-10. Erprobungsfassung. Schwerin: 1998.

Anhang

Arbeitsblätter und Übersichten

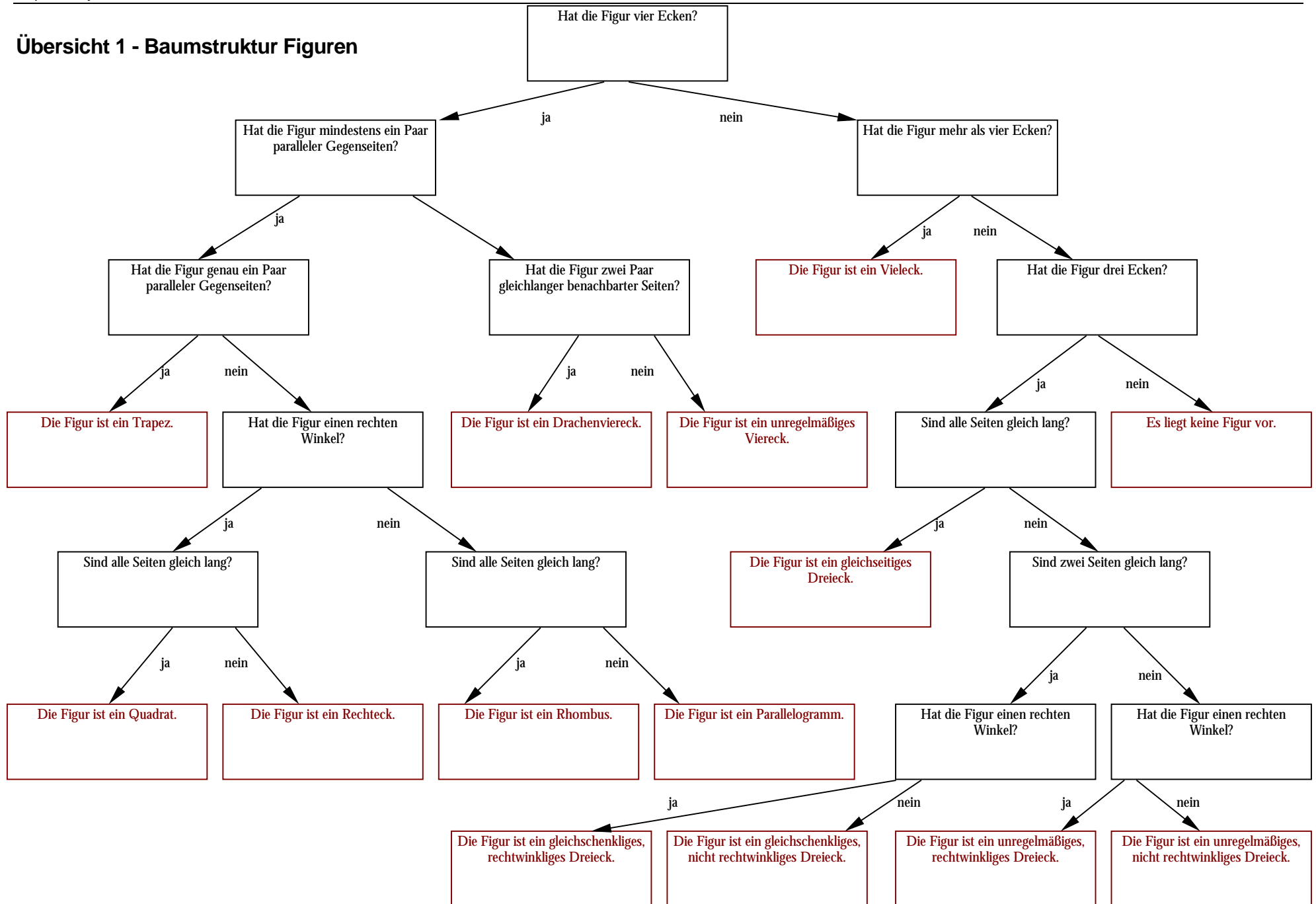
Arbeitsblatt 1 - Computer und Experten

1. Nennt gleiche oder ähnliche Eigenschaften von menschlichen Experten und Computern!

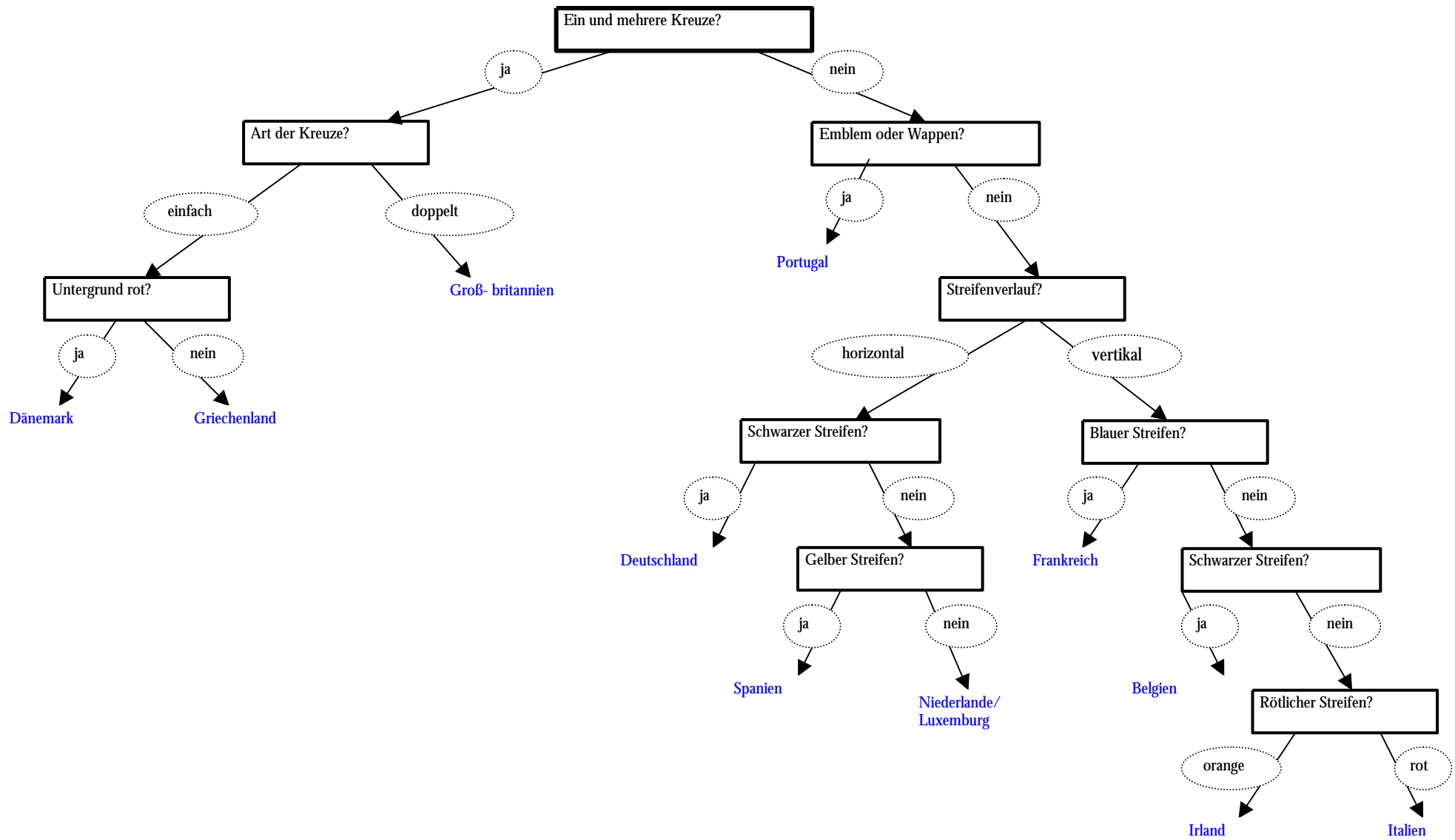
| Menschlicher Experte | Computer |
|--|--|
| Kann sich Wissen in seinem Gedächtnis merken | Kann sich Informationen im Speicher „merken“ |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

2. Überlegt, ob sich die Eigenschaften und Fähigkeiten eines Experten auf eine Maschine, den Computer übertragen lassen!
3. Über welche Informationen müsste der Computer als Experte verfügen?
4. In welcher Form können solche Informationen prinzipiell in einem Computer abgelegt werden?
5. Wie könnte man das Expertenwissen eines Computers nutzen?

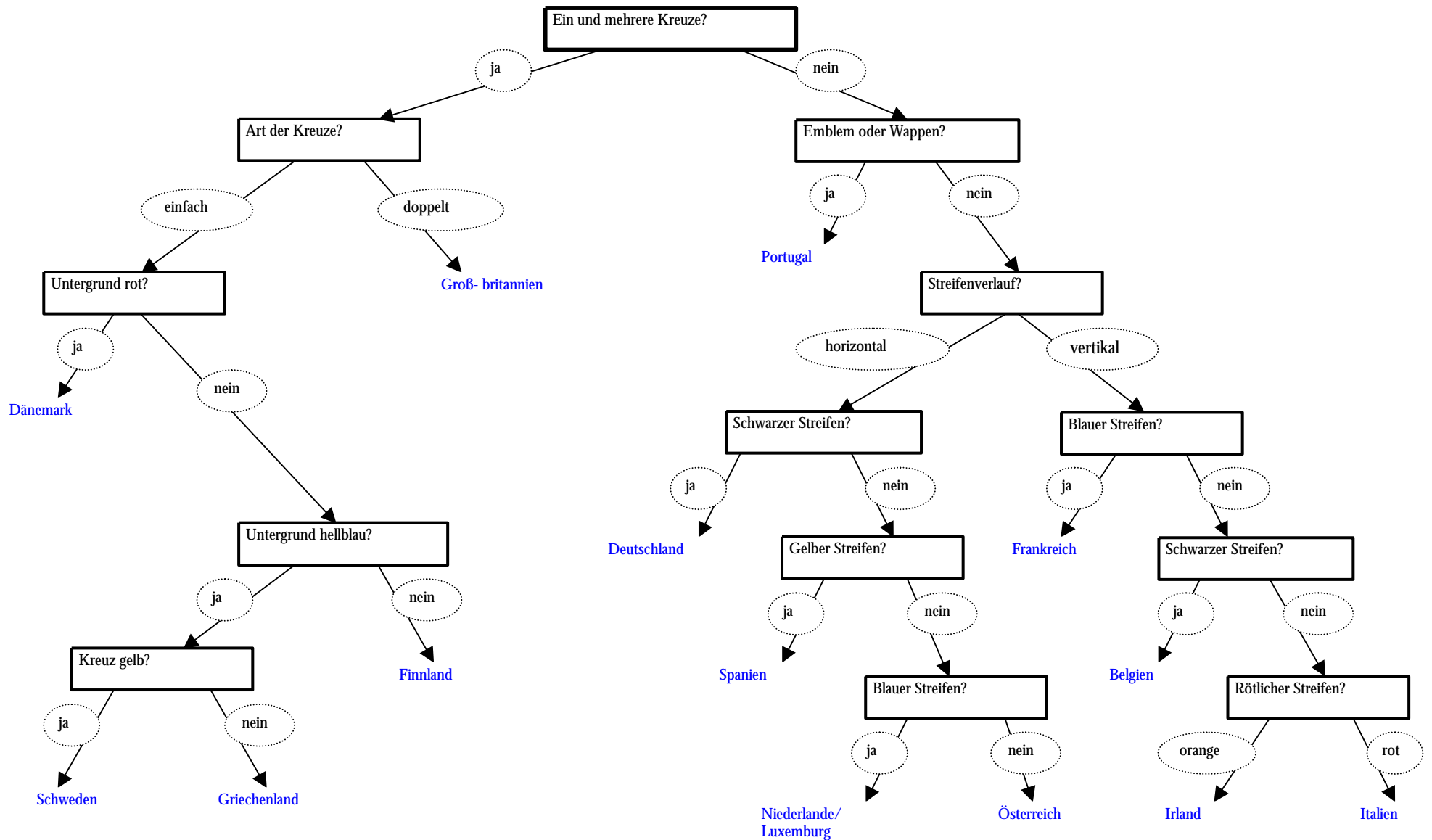
Übersicht 1 - Baumstruktur Figuren



Übersicht 2 - Baumstruktur 12 EU-Staaten



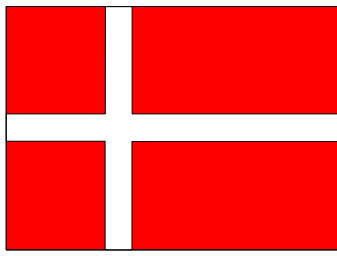
Übersicht 3 - Baumstruktur 15 EU-Staaten



Übersicht 4 - Flaggen 15 EU-Staaten



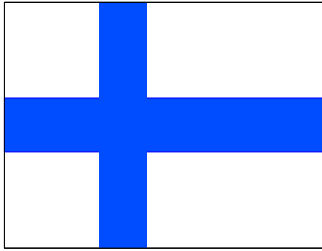
Belgien



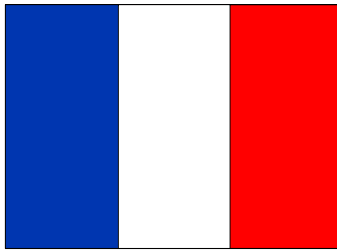
Dänemark



Deutschland



Finnland



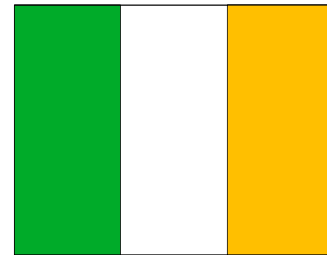
Frankreich



Griechenland



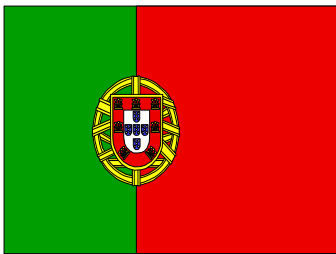
Italien



Irland



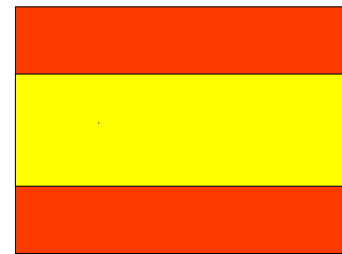
Niederlande/Luxemburg



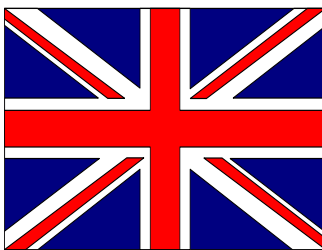
Portugal



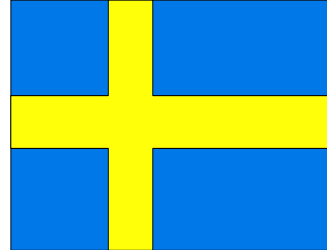
Österreich



Spanien



Großbritannien



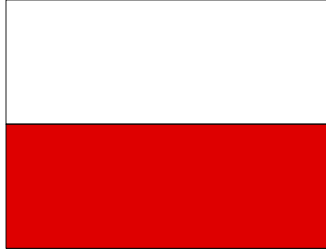
Schweden

Übersicht 5 - Flaggen Erweiterung der EU

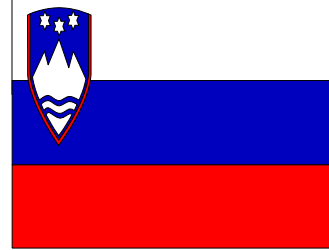
Konkrete Verhandlungen werden geführt mit:



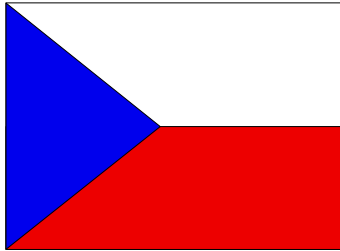
Estland



Polen



Slowenien



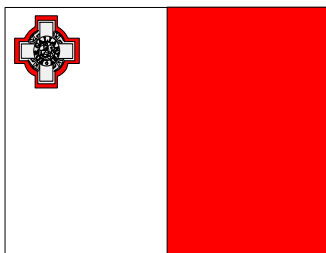
Tschechische Republik



Ungarn

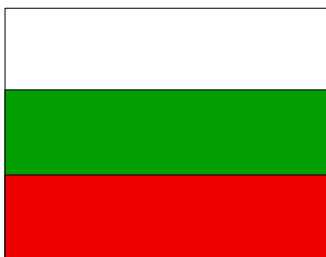


Zypern



Malta

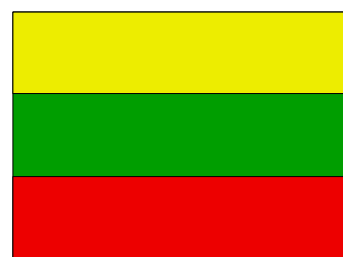
Weitere Kandidaten



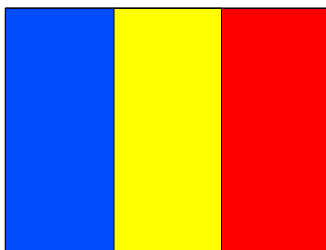
Bulgarien



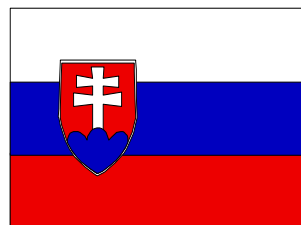
Lettland



Litauen



Rumänien



Slowakei



Türkei