

# Praktikum zur Lehrveranstaltung „Künstliche Intelligenz“ Aufgabenstellungen und Anleitung

**!!! Achtung !!!** Bitte lesen Sie sich die **g e s a m t e** Aufgabenstellung gründlich durch, bevor Sie mit der Lösung beginnen. Beachten Sie auch das Dokument „Hinweise zum Umgang mit der Visual Prolog IDE“.

## Einleitung

Das Praktikum soll einen Eindruck davon vermitteln, wie mit Methoden der Künstlichen Intelligenz das Prinzip der regelbasierten Entscheidungsfindung eingesetzt werden kann, um Problemlösungen zu generieren.

Tagtäglich sind Menschen in zahlreichen Situationen mit der Aufgabe konfrontiert, anhand bekannter Fakten unter Anwendung von Regeln plausible Entscheidungen zu treffen. Im Praktikum soll dies am Beispiel einer (vereinfachten) Kreuzungssituation maschinell nachvollzogen werden.

## Zielstellung

Aufgabe des zu erstellenden Prolog-Programms ist es, aufgrund einer vorgegebenen Konstellation von Fahrzeugen, die an einer Kreuzung mit vorgeschriebener Vorfahrtsregelung warten, jedem der Fahrzeuge eine Ordnungszahl zuzuweisen, welche angibt, wann dieses die Kreuzung überqueren darf.

Zu diesem Zweck wird Ihnen eine Testumgebung sowie das integrierte Entwicklungstool „Visual Prolog 5.1“ des Prolog Development Center (PDC)<sup>1</sup> zur Verfügung gestellt. Die Testumgebung ist in der Lage, zufällige Kreuzungssituationen in den drei Varianten „Rechts vor links“, „Abbiegende Hauptsstraße“ und „Haupt- und Nebenstraßen“ zu erzeugen. Dabei wird sowohl die Kreuzung graphisch dargestellt, als auch eine Referenzlösung ermittelt, mit der die von Ihnen generierte verglichen wird.

Um das Praktikum erfolgreich zu absolvieren, müssen Sie für mindestens eine der drei Varianten eine Lösung finden. Das Verfahren, die von Ihnen zu bearbeitende Variante zuzuordnen, wird in der Vorlesung zur Lehrveranstaltung „Künstliche Intelligenz“ bekanntgegeben.

Sie sollten sich dennoch auch die Abschnitte durchlesen, die Informationen zu den anderen Varianten enthalten, um ein besseres Verständnis der Aufgabenstellung zu erlangen.

In den folgenden Kapiteln lernen Sie die Testumgebung kennen und erhalten Anleitungen für die drei Varianten in Ihren Gemeinsamkeiten und Unterschieden.

---

<sup>1</sup> Visual Prolog v.5.1 Personal Edition for Windows 32, © 1984-1999 Prolog Development Center A/S

Zunächst jedoch ein allgemeines Beispiel zur Verdeutlichung des Sachverhaltes:

An einer Kreuzung mit vier gleichrangigen Strassen („Rechts vor links“-Situation) warten drei Fahrzeuge:

- Aus Richtung Norden möchte ein Fahrzeug rechts abbiegen.
- Aus Richtung Osten wartet ein Linksabbieger auf Vorfahrt.
- Aus Richtung Süden möchte ein Fahrzeug geradeaus die Kreuzung überqueren.
- Aus Richtung Westen naht kein Fahrzeug.

Ordnet man die Straßen vom Norden beginnend dem Uhrzeigersinn nach in einer Liste an, lässt sich die Situation wie folgt als Liste der beabsichtigten Fahrtrichtungen darstellen:

Kreuzung=[rechts, links, geradeaus, kein]

Allgemeine Problemformulierung: Liefere zur vier-elementigen Eingabeliste

Kreuzung=[Fzg\_1, Fzg\_2, Fzg\_3, Fzg\_4]

eine vier-elementige Ausgabeliste

Reihenfolge=[Ordnungszahl\_1, Ordnungszahl\_2, Ordnungszahl\_3, Ordnungszahl\_4]

welche die Ordnungszahlen der Fahrzeuge für die korrekte Beachtung der Vorfahrtsregeln angibt.

Die Aufgabe besteht darin, ein Prädikat

vorfahrt (Kreuzung, Reihenfolge)

zu definieren, welches zu einem gegebenen Vorfahrtsproblem Kreuzung die Lösung Reihenfolge ermittelt.

Verbale Lösung des Problems:

- Das Fahrzeug aus nördlicher Richtung bekommt die Ordnungszahl „1“, da es „am weitesten rechts“ steht – es darf die Kreuzung zuerst überqueren.
- Der Linksabbieger aus Richtung Osten darf zur gleichen Zeit fahren, da er am Fahrzeug aus Norden vorbeifahren kann, ohne es zu behindern. Somit bekommt diese Fahrzeug ebenfalls die Ordnungszahl „1“.
- Das Fahrzeug aus Richtung Süden muss zunächst sowohl das „am weitesten rechts“ befindliche Fahrzeug aus Norden, als auch das Fahrzeug, das aus Osten naht passieren lassen. Da diese jedoch zur gleichen Zeit fahren, bekommt dieses Fahrzeug die Ordnungszahl 2.
- Aus Westen nähert sich kein Fahrzeug, daher bekommt diese Richtung die Ordnungszahl 0.

Ergebnis:

Mit der Eingabe

Kreuzung=[rechts, links, geradeaus, kein]

wurde unter Anwendung des Regelwerkes „Rechts vor links“ die Ausgabe

Reihenfolge=[ 1, 1, 2, 0]

erzeugt.

## Die Testumgebung

Lesen Sie sich zunächst die „Hinweise zum Umgang mit der Visual Prolog IDE“ sorgfältig durch.

Strukturell gesehen besteht die Testumgebung, die sich hinter der Projektdatei VORFAHRT.PRJ verbirgt, im wesentlichen aus zwei Teilen.

Zunächst aus einem bereits fertigen Teil, der folgende Aufgaben erfüllt:

- Bereitstellen einer graphischen Bedienoberfläche zur Lösungsauswertung
- Erzeugen einer zufälligen Kreuzungssituation für die gewählte Variante
- Generieren einer Musterlösung
- Vergleich dieser Musterlösung mit der Ausgabe des von Ihnen zu erstellenden Teils in graphischer - und Textform

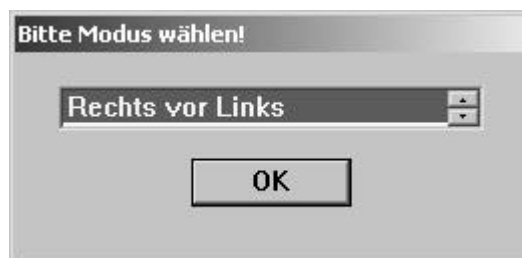
Der zweite Teil ist die vorformatierte Quelltextdatei STUDENT.PRO, die Sie um die benötigten Domänen, Prädikate und Klauseln erweitern müssen, um die gegebene Vorfahrtsituation zu lösen. Bitte fügen Sie Ihren Quelltext dort nur in den richtigen Sektionen hinzu, ohne eventuell bereits vorhandene Eintragungen zu ändern oder zu löschen. Die Testumgebung würde sonst nicht funktionieren.

Nachdem Sie die Projektdatei VORFAHRT.PRJ in der Entwicklungsumgebung geöffnet haben, sollten Sie einen ersten Blick auf die Testumgebung werfen.

Gehen Sie dazu wie folgt vor:

- Schreiben Sie folgende Zeile in die Sektion CLAUSES der Datei STUDENT.PRO:  
VORFAHRT (\_,[0,0,0,0]).
- Compilieren und starten Sie das Projekt

Sie werden zunächst aufgefordert, die Variante auszuwählen, für die Sie sich eingeschrieben haben:

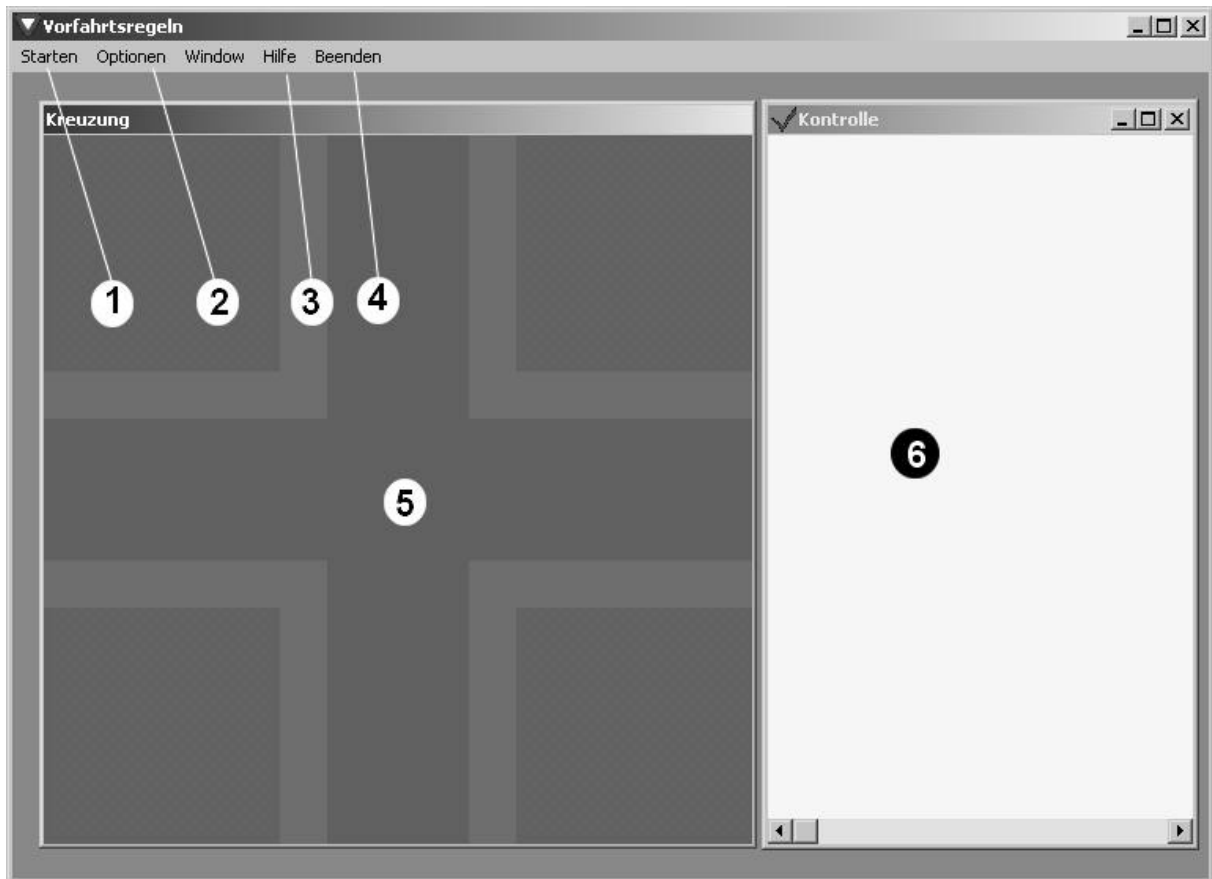


Klicken Sie so lange auf die beiden Rollpfeile, bis Ihre Variante zu sehen ist. Markieren Sie diese, indem Sie in das Listenfeld klicken. Wie auf dem Bild zu sehen, muss Ihre Auswahl farbig hinterlegt sein. Klicken Sie anschließend **OK**.

Dieser Dialog erscheint nur beim ersten Start der Testumgebung. Diese ist nun dauerhaft auf die gewählte Variante eingestellt. Wie Sie den Modus später ändern können, erfahren Sie weiter unten.

Probieren Sie ruhig alle Funktionen der Testumgebung aus, vieles erklärt sich von selbst.

Auf der nächsten Seite finden Sie außerdem eine Abbildung der Testumgebung mit einer Erklärung der Komponenten und Funktionen.



Legende:

**1 – Starten**

startet einen neuen Versuch mit den Vorgaben aus dem Dialog „Einstellungen“

**2 – Optionen**

- **Einstellungen** öffnet den Dialog „Einstellungen“ (s. weiter unten)
- **Kontrollfenster** aktiviert oder deaktiviert das **Kontrollfenster (6)**

**3 – Hilfe**

zeigt die verwendeten Paragraphen der StVO

**4 – Beenden**

schließt die Testumgebung

**5 – Kreuzung**

stellt den Verkehrsverlauf der beteiligten Fahrzeuge graphisch dar:

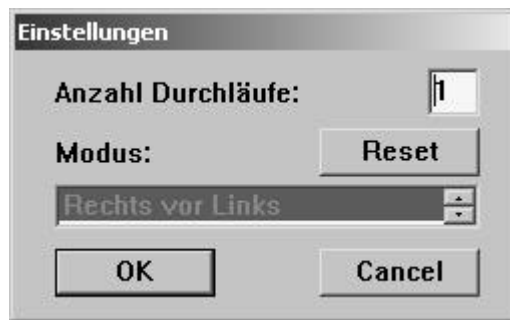
- bei richtiger Lösung grün
- bei falscher Reihenfolge steht rot für die Fahrzeuge mit falscher Ordnungszahl

**6 – Kontrollfenster**

zeigt die Situationen im „Klartext“ an und enthält weitere hilfreiche Ausgaben zur Fehlersuche. Bitte beachten Sie, dass die Ausgaben in dieses Fenster auch erfolgen, wenn es nicht aktiviert, also nicht sichtbar, ist.

Sie können im Kontrollfenster auch sehr einfach selbst Debug-Informationen o. ä. ausgeben. Verwenden Sie dazu einfach die Standard-Prolog-Klausel `WRITE/*`

### Der Dialog „Einstellungen“:



#### **Anzahl Durchläufe**

legt fest, wie viele Situationen in Folge nach dem Klicken auf Starten generiert und ausgewertet werden sollen. Der Parameter darf im Bereich von 1 bis 99 liegen. Ist der Wert größer als 1, erfolgt keine graphische Darstellung der Kreuzungssituation. Sie können so jedoch im Kontrollfenster mit einem einzigen Mausklick nachvollziehen, ob Ihre Lösung für viele verschiedene Konstellationen das richtige Ergebnis liefert. Beachten Sie, dass diese Einstellung jeweils nur für die aktuelle Sitzung gilt und nicht dauerhaft gespeichert wird.

#### **Modus**

Hier können Sie sowohl die aktuell eingestellte Praktikumsvariante sehen, als auch ändern, wenn Sie vorher den Button **Reset** anklicken. Das Vorgehen ist analog zur Einstellung vor dem ersten Start. Dieser Parameter wird dauerhaft gespeichert.

Mit einem Klick auf **OK** können Sie die vorgenommenen Änderungen bestätigen, beim Klick auf **Cancel** bleiben die vorherigen Einstellungen erhalten.

Wenn Sie sich ein wenig mit der Testumgebung vertraut gemacht haben, sollten Sie das Programm beenden und den „Platzhalter“ für die Klausel VORFAHRT/2, den Sie anfangs eingefügt haben, wieder entfernen.

## Aufgabenstellung

Nachdem Sie in den vorangegangenen Abschnitten den Umgang mit der Testumgebung gelernt haben und sich die „Hinweise zum Umgang mit der Visual Prolog IDE“ durchgelesen haben, folgt nun die konkrete Umsetzung.

In allen drei Varianten besteht Ihre Aufgabe darin, eine Klausel VORFAHRT/2 zu entwickeln die folgendes leistet:

VORFAHRT (KREUZUNGSSITUATION, REIHENFOLGE) – I,O

erhält von der Testumgebung als Eingabe eine vier-elementige Liste KREUZUNGSSITUATION, und gibt eine ebenfalls vier-elementige Liste REIHENFOLGE zurück.

Um dies zu gewährleisten, darf eine beliebige Anzahl weiterer Domänen und Klauseln verwendet werden.

Die in KREUZUNGSSITUATION enthaltenen Werte sind der Reihe nach im Uhrzeigersinn auf das Kreuzungsschema übertragbar. Obwohl dies für die eigentliche Lösung unerheblich ist, sei vereinbart, dass das erste Element immer die Straße aus Norden repräsentiert.

Dementsprechend erfolgt die graphische Darstellung in der Testumgebung.

Als Elemente von REIHENFOLGE sind INTEGER-Werte zu verwenden.

Bitte beachten Sie, dass die in VORFAHRT/2 verwendeten Domänen, sowie das Prädikat für die Klausel selbst nicht von Ihnen deklariert werden muss, da dies schon in der Testumgebung geschieht.

Im einzelnen sind folgende Definitionen bereits vorhanden:

VORRANG=INTEGER\*

% DIE DOMÄNE FÜR REIHENFOLGE: EINE LISTE INTEGERER ZAHLEN

FZG=K;R;G;L

% DIE DOMÄNE FÜR DIE VERSCHIEDENEN FAHRTRICHTUNGSANZEIGENDEN KOMPONENTEN DER

% ELEMENTE DER LISTE DER GEGEBENEN VORFAHRTSITUATION:

% K – AUS DIESER RICHTUNG NAHT KEIN FAHRZEUG

% R – AUS DIESER RICHTUNG NAHT EIN FAHRZEUG, DAS RECHTS ABBIEGEN WILL

% G - AUS DIESER RICHTUNG NAHT EIN FAHRZEUG, DAS GERADEAUS FAHREN WILL

% L - AUS DIESER RICHTUNG NAHT EIN FAHRZEUG, DAS LINKS ABBIEGEN WILL

STR=H;N

% DIE DOMÄNE FÜR DIE VERSCHIEDENEN STRASSENARTANZEIGENDEN KOMPONENTEN DER

% ELEMENTE DER LISTE DER GEGEBENEN VORFAHRTSITUATION:

% H – DIESE STRASSE IST EINE HAUPTSTRASSE

% N – DIESE STRASSE IST EINE NEBENSTRASSE

L\_FZG=FZG\*

% OHNE ERKLÄRUNG

L\_STR=STR\*

% OHNE ERKLÄRUNG

UMGEBUNG=R(FZG);A(FZG,STR);H(FZG,STR)

% R – FUNKTIONSSYMBOL FÜR SITUATION RECHTS-VOR-LINKS (ERKLÄRUNG WEITER UNTEN)

% A – FUNKTIONSSYMBOL FÜR SITUATION ABBIEGENDE HAUPTSTRASSE

% H – FUNKTIONSSYMBOL FÜR SITUATION HAUPT- UND NEBENSTRASSEN

KREUZUNG=UMGEBUNG\*

% DOMÄNE FÜR KREUZUNGSSITUATION

Des weiteren gelten diese Vereinbarungen:

- Der Trivialfall (es naht in keiner Straße ein Fahrzeug) und der Konfliktfall (es naht in jeder Straße ein Fahrzeug) tritt nicht auf.
- Fahrzeuge haben keine physische Breite, d. h., dass zum Beispiel im „Rechts vor links“-Modus bei der Situation [kein Fahrzeug, Rechtsabbieger, Linksabbieger, Rechtsabbieger] alle drei Fahrzeuge gleichzeitig fahren, ohne sich zu behindern.

Beispiele für mögliche Aufrufe des Prädikates VORFAHRT/2 finden Sie im nächsten Abschnitt.

## Besonderheiten der einzelnen Varianten

Die Unterschiede zwischen den Varianten liegen in den Elementen, welche die Variable KREUZUNGSSITUATION enthält. Im vorangegangenen Abschnitt wurde die Domäne UMGEBUNG als Auswahl verschiedener Funktionssymbole deklariert und anschließend Kreuzung als Liste aus UMGEBUNG(en). Die Begründung für diese scheinbar umständliche Deklaration haben Sie bereits in „Hinweise zum Umgang mit der Visual Prolog IDE“ gelesen.

Im Einzelnen:

- Bei „Rechts vor links“ wird die Funktion R(X) übergeben:  
KREUZUNGSSITUATION=[R(FZG\_1),R(FZG\_2),R(FZG\_3),R(FZG\_4)]  
Da alle Straßen gleichberechtigt sind, werden also nur die „Typen“ der Fahrzeuge übergeben.
- Bei den Situationen „Abbiegende Hauptstraße“ und „Haupt- und Nebenstraßen“ kommt eine weitere variable Größe ins Spiel: der Rang der Straße.  
Demzufolge werden die Eingaben dieser Varianten wie folgt übergeben:  
KREUZUNGSSITUATION=[A(FZG\_1,STR\_1),A(FZG\_2,STR\_2),A(FZG\_3,STR\_3),A(FZG\_4,STR\_4)]  
bzw.  
KREUZUNGSSITUATION=[H(FZG\_1,STR\_1),H(FZG\_2,STR\_2),H(FZG\_3,STR\_3),H(FZG\_4,STR\_4)]

Ein Aufruf des Prädikates

VORFAHRT (KREUZUNG, REIHENFOLGE)

könnte für den „Rechts vor links“-Modus beispielsweise so aussehen:

VORFAHRT ([R(K), R(L), R(G), R(G)], REIHENFOLGE)

*Der Aufruf*

*vorfahrt ([r(k), r(l), r(g), r(g)], Reihenfolge)*

*ist wie folgt zu interpretieren:*

- *Im Norden wartet kein Fahrzeug.*
- *Im Osten steht ein Fahrzeug, das nach links abbiegen möchte.*
- *Die Fahrzeuge, die sich aus südlicher und westlicher Richtung nähern, möchten die Kreuzung geradeaus überqueren.*

Für den Fall „Abbiegende Hauptstraße“ kommt, wie im folgenden Beispiel zu sehen, zusätzlich die Komponente „Straßenart“ ins Spiel:

*Der Aufruf*

*vorfahrt ([a(l,n),a(r,h),a(g,h),a(k,n)],Reihenfolge)*

*ist wie folgt zu interpretieren:*

- *Im Norden wartet ein Fahrzeug in einer Nebenstraße mit der Absicht, nach links abzubiegen.*
- *Aus Richtung Osten naht ein Rechtsabbieger auf einem Schenkel der abbiegenden Hauptstraße.*
- *Das Fahrzeug, das sich aus Süden, auf dem anderen Schenkel der abbiegenden Hauptstraße nähert, möchte geradeaus weiterfahren.*
- *In der Nebenstraße aus Richtung Westen wartet kein Fahrzeug.*

Analog dazu wäre folgender exemplarischer Aufruf für die Variante „Haupt- und Nebenstraßen“ denkbar:

*Der Aufruf*

*vorfahrt ([h(k,h),h(g,n),h(r,h),h(k,h)],Reihenfolge)*

*ist wie folgt zu interpretieren:*

- *In der Hauptstraße im Norden wartet kein Fahrzeug.*
- *Im Osten steht ein Geradeausfahrer in einer Nebenstraße.*
- *Von der südlichen Hauptstraße beabsichtigt ein Fahrzeug, rechts abzubiegen.*
- *In der Nebenstraße im Westen wartet kein Fahrzeug.*

Noch ein Tipp: Sie sparen sich viel Tipparbeit, wenn Sie die Eingabewerte in Listen ohne Funktionssymbole einlesen. Bei „Rechts vor links“ könnte das zum Beispiel so aussehen:

PREDICATES

MEINE\_VORFAHRT\_KLAUSEL (L\_FZG, VORRANG)

.  
. .  
.

CLAUSES

VORFAHRT ([R(F1),R(F2),R(F3),R(F4)],REIHENFOLGE):-

MEINE\_VORFAHRT\_KLAUSEL ([F1,F2,F3,F4],REIHENFOLGE)

.  
. .  
.



## Tipps und Hinweise

1. **Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Lösung ein Regelwerk sein soll, keine Faktenbasis. Wer nur mit einer Faktenbasis aufwarten kann, erhält kein Testat.**
2. Unterschätzen Sie nicht den zeitlichen Aufwand für die Erstellung Ihrer Lösung. Während des Praktikumtermins werden Sie keine Gelegenheit mehr für eine umfangreiche Fehlersuche haben.
3. Bedenken Sie, dass Sie Ihr Programm während der Versuchsdurchführung auf jeden Fall erklären müssen. Es ist also nichts dagegen einzuwenden, wenn Sie sich bei Ihren Kommilitonen Rat oder gleich Quelltext holen, Sie sollten aber wissen, wie das Programm funktioniert, das Sie mitbringen.
4. Jeder Praktikant wird einzeln vom Betreuer befragt. Teamwork im Sinne von „TEAM = Toll, Ein Anderer Macht's“ ist also unerwünscht.

Viel Spaß beim Programmieren!

## Anhang

### Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)

(Auszug)

#### § 8. Vorfahrt.

- (1) An Kreuzungen und Einmündungen hat die Vorfahrt, wer von rechts kommt. Das gilt nicht,
1. wenn die Vorfahrt durch Verkehrszeichen besonders geregelt ist (Zeichen 205, 206, 301, 306) oder
  2. für Fahrzeuge, die aus einem Feld- oder Waldweg auf eine andere Straße kommen.

[...]

#### § 9. Abbiegen, Wenden und Rückwärtsfahren.

[...]

- (1) Wer abbiegen will, muss entgegenkommende Fahrzeuge durchfahren lassen [...]
- (2) Wer nach links abbiegen will, muss entgegenkommende Fahrzeuge, die ihrerseits nach rechts abbiegen wollen, durchfahren lassen. Führer von Fahrzeugen, die einander entgegenkommen und jeweils nach links abbiegen wollen, müssen voreinander abbiegen, [...].

[...]

#### § 39. Verkehrszeichen.

[...]

- (1) Regelungen durch Verkehrszeichen gehen den allgemeinen Verkehrsregeln vor.

[...]

#### § 41. Vorschriftzeichen.

- (1) Auch Schilder [...] enthalten Gebote und Verbote.
- (2) Schilder stehen regelmäßig rechts. [...] Die Schilder stehen im allgemeinen dort, wo oder von wo an die Anordnungen zu befolgen sind. [...]
1. Warte- und Haltgebote  
[...]
  - b) An Kreuzungen und Einmündungen:

Zeichen 205



Vorfahrt gewähren!

Das Schild steht unmittelbar vor der Kreuzung oder Einmündung. [...]

[...]

Der Verlauf der Vorfahrtstraße kann durch ein Zusatzschild zu den Zeichen 205 und 206



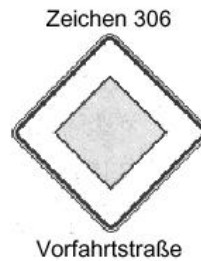
bekannt gegeben sein.

[...]

**§ 42. Richtzeichen.**

Richtzeichen geben besondere Hinweise zur Erleichterung des Verkehrs. Sie können auch Anordnungen enthalten.

- (1) Vorrang  
[...]



Es steht am Anfang der Vorfahrtstraße und wird an jeder Kreuzung und an jeder Einmündung von rechts wiederholt. Es steht vor, auf oder hinter der Kreuzung oder Einmündung. [...]  
Ein Zusatzschild



zum Zeichen 306 kann den Verlauf der Vorfahrtstraße bekannt geben.  
[...]