Soziale Strukturen und Prozesse Kausale Inferenz mit Probabilistischen kontextfreien Grammatiken und Bayesschen Netzen Algorithmisch Rekursive Sequenzanalyse

Soziale Strukturen und Prozesse hinterlassen rein physikalisch und semantisch unspezifische Spuren, die als Protokolle ihrer Reproduktion und Transformation gelesen werden können. So gelesen sind die Protokolle Texte, diskrete endliche Zeichenkette. Die Regeln der Reproduktion und Transformation können als probabilistische, kontextfreie Grammatiken oder als Bayessche Netze rekonstruiert werden. Die Rekonstruktion steht dann für eine kausale Inferenz der Transformationsregeln der sozialen Strukturen und Prozesse. In dem hier vorliegenden Beispiel ist das Protokoll eine Tonbandaufnahme eines Verkaufsgespräches auf einem Wochenmarkt (https://github.com/pkoopongithub/algorithmisch-rekursive-sequenzanalyse/blob/main/Aachen_280694_11Uhr.mp3). Die Sequenzanalyse des transkribierten Protokolls (https://github.com/pkoopongithub/algorithmisch-rekursive-sequenzanalyse/blob/main/oechsle.pdf) und die Kodierung mit den generierten Kategorien (https://github.com/pkoopongithub/algorithmisch-rekursive-sequenzanalyse/blob/main/fallstruktur.pdf) ist dort auch abgelegt.

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Paul Koop M.A. GRAMMATIKINDUKTION empirisch                    ;;
;; gesicherter Verkaufsgespraeche                                 ;;
;;                                                                ;;
;; Die Simulation wurde ursprunglich entwickelt,                  ;;
;; um die Verwendbarkeit von kontextfreien Grammatiken            ;;
;; fuer die Algorithmisch Rekursive Sequanzanalyse                ;;
;; zu ueberpruefen                                    ;;
;; Modellcharakter hat allein der Quelltext.                      ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;;  __|__   ___|__    __|__   __|__   __|__   __|__               ;;
;;   |   |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |              ;;
;; KBG->VBGKBBd->VBBdKBA->VBAKAE->VAEKAA->VAAKAV-> VAV            ;;
;;                                                                ;;
;; Die Produktionen --> sind entsprechend ihrer                   ;;
;; emp. Auftrittswahrscheinlichkeit gewichtet                     ;;
;; DIE GRAMMATIK WIRD AUS DEM KORPUS INDUZIERT                    ;;
;; ein Left-to-the-Right-Modell                                   ;;

;;                                                                ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;; Transformationsmatrix                                      ;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;a   b c   d e   f c   d    e    f    g    h    i    j    g    h
      i     j     k     l ;;
;;0   1 2   3 4   5 2   3    4    5    6    7    8    9    6    7
      8     9     10    11;;
```

```
;;                                                                    ;;
;;    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10   11
      12   13          ;;
;;0   -    1
                        ;;
;;1   -          2
                        ;;
;;2   -          -    2
                        ;;
;;3   -          -         2
                        ;;
;;4   -    -     -    -     -    2
                        ;;
;;5   -          1                   2
                        ;;
;;6   -          -                   -    2
                        ;;
;;7   -          -                   -         2
                        ;;
;;8   -          -    -     -    -    -    -    -    2
                        ;;
;;9   -                              1                   1
                        ;;
;;10  -    -     -    -     -    -    -    -    -    -    -    1
                   ;;
;;11
                   ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                    ;;
;; Begruessung           := BG                                        ;;
;; Bedarf                := Bd                                        ;;
;; Bedarfsargumentation  := BA                                        ;;
;; Abschlusseinwaende    := AE                                        ;;
;; Verkaufsabschluss     := AA                                        ;;
;; Verabscheidung        := AV                                        ;;
;; Kunde                 := vorangestelltes K                         ;;
;; Verkaeufer            := vorangestelltes V                         ;;
;;                                                                    ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;; Korpus
   (define korpus (list 'KBG 'VBG 'KBBd 'VBBd 'KBA 'VBA 'KBBd 'VBBd
'KBA 'VBA 'KAE 'VAE 'KAE 'VAE 'KAA 'VAA 'KAV 'VAV));; 0 - 17



   ;; Korpus durchlaufen
    (define (lesen korpus)
     ;; car ausgeben
    (display (car korpus))
```

```
      ;; mit cdr weitermachen
      (if(not(null? (cdr korpus)))
        (lesen (cdr korpus))
        ;;(else)
      )
    )

;; Lexikon
   (define lexikon (vector 'KBG 'VBG 'KBBd 'VBBd 'KBA 'VBA 'KAE 'VAE
'KAA 'VAA 'KAV 'VAV)) ;; 0 - 12



    ;; Index fuer Zeichen ausgeben
     (define (izeichen zeichen)
      (define wertizeichen 0)
      (do ((i 0 (+ i 1)))
       ( (equal? (vector-ref lexikon i) zeichen))
       (set! wertizeichen (+ 1 i))
      )
      ;;index zurueckgeben
      wertizeichen
    )

;; transformationsmatrix
   (define zeile0 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile1 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile2 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile3 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile4 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile5 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile6 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile7 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile8 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile9 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile10 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile11 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile12 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile13 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile14 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile15 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile16 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))
   (define zeile17 (vector 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0))

   (define matrix (vector zeile0 zeile1 zeile2 zeile3 zeile4 zeile5
zeile6 zeile7 zeile8 zeile9 zeile10 zeile11 zeile12 zeile13 zeile14
zeile15 zeile16 zeile17))


   ;; Transformationen zaehlen
```

```
      ;; Korpus durchlaufen
   (define (transformationenZaehlen korpus)
     ;; car zaehlen
      (vector-set! (vector-ref matrix (izeichen (car korpus)))
(izeichen (car(cdr korpus))) (+ 1 (vector-ref  (vector-ref matrix
(izeichen (car korpus))) (izeichen (car(cdr korpus))))))
     ;; mit cdr weitermachen
      (if(not(null? (cdr (cdr korpus))))
       (transformationenZaehlen (cdr korpus))
       ;;(else)
      )
   )


   ;; Transformation aufaddieren

   ;; Zeilensummen bilden und Prozentwerte bilden


;; Grammatik
   (define grammatik (list '- ))

   ;; aus matrix regeln bilden und regeln in grammatik einfügene
   (define (grammatikerstellen matrix)
    (do ((a 0 (+ a 1)))
        ((= a 12) )(newline)
      (do ((b 0 (+ b 1)))
          ((= b 12))
        (if (< 0 (vector-ref  (vector-ref matrix a) b) )
         (display (cons (vector-ref lexikon a) (cons '-> (vector-ref
lexikon b))))
         )
      )
    )
   )
```

Zum Erstellen der Grammatik wird die Transformationstabelle erstellt und aus dieser die Grammatik

```
 (transformationenZaehlen korpus)
 (grammatikerstellen matrix)
```

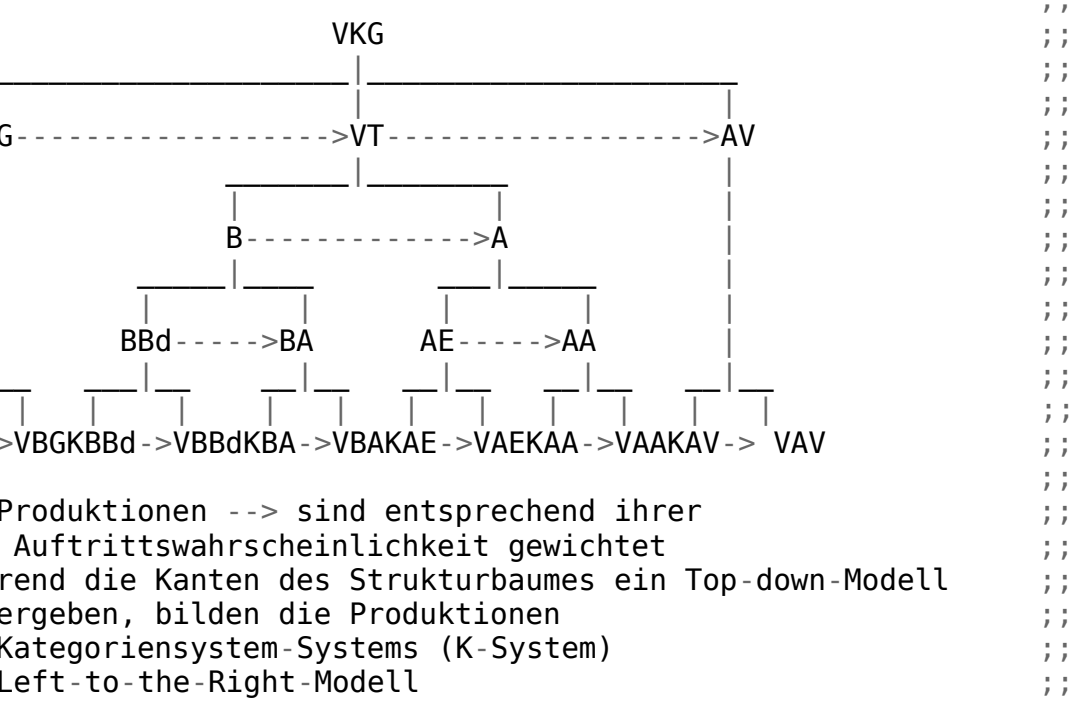
Die Grammatik wird dann erstellt

```
(KBG -> . VBG)
(VBG -> . KBBd)
(KBBd -> . VBBd)
(VBBd -> . KBA)
(KBA -> . VBA)
(VBA -> . KBBd)(VBA -> . KAE)
(KAE -> . VAE)
```

```
(VAE -> . KAE)(VAE -> . KAA)
(KAA -> . VAA)
(VAA -> . KAV)
(KAV -> . VAV)
```

Mit dieser Grammatik und den empirischen Auftrittswahrscheinlichkeiten lässt sich dann ein Transduktor erstellen, der Protokolle Simuliert

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; Paul Koop M.A. 1994 Sequenzanalyse empirisch                                ;;
;; gesicherter Verkaufsgespraeche                                              ;;
;;                                                                            ;;
;; Die Simulation wurde ursprunglich entwickelt,                               ;;
;; um die Verwendbarkeit von kontextfreien Grammatiken                         ;;
;; fuer die Algorithmisch Rekursive Sequanzanalyse                             ;;
;; zu ueberpruefen                                          ;;
;; Modellcharakter hat allein der Quelltext.                                   ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```




```
;;                                                                            ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                            ;;
;; Verkaufsgespraech     := VKG                                                ;;
;; Verkaufstaetigkeit    := VT                                                 ;;
;; Bedarfsteil           := B                                                  ;;
```

```
;; Abschlussteil          := A                                          ;;
;; Begruessung            := BG                                         ;;
;; Bedarf                 := Bd                                         ;;
;; Bedarfsargumentation   := BA                                         ;;
;; Abschlusseinwaende     := AE                                         ;;
;; Verkaufsabschluss      := AA                                         ;;
;; Verabscheidung         := AV                                         ;;
;; Kunde                  := vorangestelltes K                          ;;
;; Verkaeufer             := vorangestelltes V                          ;;
;;                                                                      ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                      ;;
;; - Die Fallstruktur wird rein physikalisch protokolliert              ;;
;;   mechanisch, magnetisch, optisch oder digital D/A-Wandler           ;;
;;   (interpretationsfreies physikalisches Protokoll)                   ;;
;;   z.B. Mikrophonierung, Kinematographie,                             ;;
;;   Optik, Akustik, mechanische, analoge, digitale Technik             ;;
;; - Das Protokoll wird transkribiert                                   ;;
;;   (Vertextung, diskrete Ereigniskette,                               ;;
;;    Plausibilitaet, Augenscheinvalidität)                             ;;
;;   Searle, Austin: Sprechakte, Paraphrase, moegl.                     ;;
;;   Intentionen, konstitutive, konventionelle Regeln                   ;;
;; - Durch Lesartenproduktion und Lesartenfalsifikation                 ;;

;;   wird Sequenzstelle fuer Sequenzstelle informell                    ;;
;;   das Regelsystem erzeugt                                            ;;
;;   Searle, Austin: Sprechakte, Paraphrase, moegl.                     ;;
;;   Intentionen, konstitutive, konventionelle Regeln                   ;;
;;   (bei jeder Sequenzstelle werden extensiv Lesarten erzeugt,         ;;
;;    die Lesarten jeder nachfolgenden Sequenzstelle                    ;;
;;    falsifizieren die Lesarten der vorausgehenden Sequenzstelle,      ;;
;;    Oevermann: Sequenzanalyse                                         ;;
;;    das Regelsystem bildet ein kontextfreies Chomskysystem,           ;;
;;    die Ersetzungsregeln sind nach Auftrittswahrscheinlichkeit        ;;
;;    gewichtet, die Interkodierreliabilitaet wird bestimmt,            ;;
;;    z.B. Mayring R, Signifikanz z.B. Chi-Quadrat)                     ;;
;; - Die Regeln werden in ein K-System uebersetzt                       ;;
;;   dabei werden die Auftrittshaeufigkeiten kumuliert                  ;;
;;   um den Rechenaufwand zur Laufzeit zu minimieren                    ;;
;;   Chomsky: formale Sprachen                                          ;;

;; - Auf einem Computer wird unter LISP eine Simulation gefahren        ;;
;;   McCarthy, Papert, Solomon, Bobrow, Feuerzeig
;; - Das Resultat der Simulation, eine terminale Zeichenkette,          ;;
;;   wird in ein Protokoll uebersetzt                                   ;;
;; - Das künstlich erzeugte Protokoll wird auf seine Korrelation        ;;

;;   mit empirischen Protokollen ueberprueft                            ;;
```

```
;; - Bei Bedarf werden Korrekturen am K-System vorgenommen        ;;
;;   und die Simulation wird wiederholt                           ;;
;;                                                                ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                ;;
;; Welt 3 Popper                                                  ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq w3
'(
 (anfang 100 (s vkg)) ;; hier nur Fallstruktur Verkaufsgespraeche
 ((s vkg) 100 ende)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                ;;
;; Kunde teilt Bedarf mit, Verkaeufer spiegelt Bedarf Kunde       ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq bbd
'(
 (kbbd 100 vbbd)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                ;;
;; wechselseitige Bedarfsargumentation nach Bedarfsmitteilung     ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq ba
'(
 (kba 100 vba)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                ;;
;; wechselseitige Einwandsabklaerung                              ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
(setq ae
'(
(kae 100 vae)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                            ;;
;; Verkaufsabschluss                                                          ;;
;; des Abschlussteils nach den Abschlusseinwaenden                            ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq aa
'(
 (kaa 100 vaa)
 )
)


;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                            ;;
;; Bedarfsteils                                                               ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

(setq b
'(
 ((s bbd) 100 (s ba))
 )
)


;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                            ;;
;; Abschlussteil                                                              ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq a
'(
 ((s ae)50(s ae))
 ((s ae)100(s aa))
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                            ;;
;; Verkaufsteil                                                               ;;
```

```
;; im Anschluss an Begruessung                                        ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

(setq vt
'(
 ((s b)50(s b))
 ((s b)100(s a))
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                    ;;
;; Begruessung                                                        ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

(setq bg
'(
 (kbg 100 vbg)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                    ;;
;; Verabschiedung                                                     ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq av
'(
 (kav 100 vav)
 )
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                                    ;;
;; Verkaufsgespraech                                                  ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


(setq vkg
'(
 ((s bg)100(s vt))
 ((s vt)50(s vt))
 ((s vt)100(s av))
 )
)


;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
;;                                                                    ;;
;; Algorithmus ueber generativer Struktur                             ;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;


;; Generiert die Sequenz
(defun gs (st r);; Uebergabe Sequenzstelle und Regelliste
(cond

  ;; gibt nil zurück, wenn das Sequenzende ereicht ist
  ((equal st nil) nil)

  ;; gibt terminale Sequenzstelle mit Nachfolgern zurueck
  ((atom st)(cons st(gs(next st r(random 101))r)))

  ;; gibt expand. nichtterm. Sequenzstelle mit Nachfolger zurueck
  (t (cons(eval st)(gs(next st r(random 101))r)))
)
)

;; Generiert nachfolgende Sequenzstelle
(defun next (st r z);; Sequenzstelle, Regeln und Haeufigkeitsmass
(cond

  ;; gibt nil zurueck, wenn das Sequenzende erreicht ist
  ((equal r nil)nil)

  ;; waehlt Nachfolger mit Auftrittsmass h

  (
    (
       and(<= z(car(cdr(car r))))
       (equal st(car(car r)))
    )
   (car(reverse(car r)))
  )

  ;; in jedem anderen Fall wird Regelliste weiter durchsucht
  (t(next st (cdr r)z))
)
)

;; waehlt erste Sequenzstelle aus Regelliste
;;vordefinierte funktion first wird ueberschrieben, alternative
umbenennen
(defun first (list)
(car(car list))
)
```

```
;; startet Simulation fuer eine Fallstruktur
(defun s (list) ;; die Liste mit dem K-System wird uebergeben
(gs(first list)list)
)

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;                                                               ;;
;; Ruft den Algorithmus auf / Welt 3 Popper /alt. jew. Fallstrukt.;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;; alternativ (s vkg) / von der Konsole aus (s w3) oder (s vkg)
(s w3)
```

CL-USER 20 > (s w3) (ANFANG ((KBG VBG) (((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KAE VAE) (KAA VAA))) (((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KAE VAE) (KAA VAA))) (((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KAE VAE) (KAA VAA))) (((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KBBD VBBD) (KBA VBA)) ((KAE VAE) (KAA VAA))) (KAV VAV)) ENDE)

Ein umfangreicheres und um die Klammern bereinigtes Beispiel:

KBG VBG KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV KBG VBG KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAE VAE KAE VAE KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV KBG VBG KBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAE VAE VAE KAA VAA KAV VAV

Das linguistische Korpus in diesem Beispiel: Die Worte des Korpus sind durch Leerzeichen getrennt. Die Worte des Korpus sind Kategorien, die bei einer qualitativen Interpretation des Transkriptes eines Verkaufsgespräches den wechselnden Interakten von Käufer und Verkäufer zugeordnet 1993, 1994 wurden. Die Tondateien, die Transkripte, die Interpretationen und die erstellten Quellcodes (Induktor Scheme, Parser Pascal, Transduktor Lisp sind an dem Ort zum download frei verfügbar, an dem sich diese Jupyter Notebook Datei befindet).

Das Programm liest den Korpus aus einer Datei ein und extrahiert die Terminalsymbole, indem es alle Substrings sucht, die mit "K" oder "V" beginnen und aus mindestens einem Großbuchstaben bestehen. Die vorangestellten "K" oder "V" werden aus den Terminalsymbolen entfernt, um die Nonterminalsymbole zu erhalten. Dann werden die Regelproduktionen erstellt, indem für jedes Nonterminalsymbol alle Terminalsymbole gesammelt werden, die diesem Symbol entsprechen. Schließlich gibt das Programm die Grammatikregeln und das Startsymbol aus.

```
PROGRAM parser (INPUT,OUTPUT);
USES CRT;
(*********************************************************************
******)
(* Paul Koop Chart Parser VKG
*)
(*
*)
(*********************************************************************
******)


(*-------------------------------------------------------------------
---*)
  (* Vereinbarungsteil
*)

(*-------------------------------------------------------------------
---*)

  CONST
    c0               =     0;
    c1               =     1;
    c2               =     2;
    c3               =     3;
    c4               =     4;
    c5               =     5;
   c10               =    10;
   c11               =    11;
   cmax              =    80;
   cwort             =    20;
   CText             :    STRING(.cmax.) = '';
   datei             =    'LEXIKONVKG.ASC';
   blank             =    ' ';

   CopyRight
   =    'Demo-Parser Chart-Parser Version 1.0(c)1992 by Paul Koop';

  TYPE
   TKategorien       = ( Leer, VKG, BG, VT, AV, B, A, BBD, BA, AE, AA,
                         KBG, VBG, KBBD, VBBD, KBA, VBA, KAE, VAE,
                         KAA, VAA, KAV, VAV);


   PTKategorienListe = ^TKategorienListe;
   TKategorienListe  = RECORD
                        Kategorie :TKategorien;
                        weiter    :PTKategorienListe;
                       END;
```

```
PTKante           = ^TKante;
PTKantenListe     = ^TKantenListe;

TKantenListe      = RECORD
                     kante:PTKante;
                     next :PTKantenListe;
                    END;

TKante            = RECORD
                     Kategorie :TKategorien;
                     vor,
                     nach,
                     zeigt     :PTKante;
                     gefunden  :PTKantenListe;
                     aktiv     :BOOLEAN;
                     nummer    :INTEGER;
                     nachkomme :BOOLEAN;
                     CASE  Wort:BOOLEAN OF
                      TRUE :
                          (inhalt:STRING(.cwort.););
                      FALSE:
                          (gesucht :PTKategorienListe;);
                     END;


TWurzel    = RECORD
                spalte,
                zeigt     :PTKante;
               END;

TEintrag    = RECORD
               A,I   :PTKante;
               END;

PTAgenda    = ^TAgenda;
TAgenda     = RECORD
                A,I  :PTKante;
                next,
                back : PTAgenda;
               END;

PTLexElem   = ^TLexElem;
TLexElem    = RECORD
                Kategorie: TKategorien;
                Terminal : STRING(.cwort.);
                naechstes: PTLexElem;
               END;
```

```
   TGrammatik  = ARRAY (.c1..c10.)
                 OF
                 ARRAY (.c1..c4.)
                 OF TKategorien;
  CONST
   Grammatik :      TGrammatik =
               (
                (VKG, BG,      VT,    AV),
                (BG,  KBG,     VBG,   Leer),
                (VT,  B,       A,     Leer),
                (AV,  KAV,     VAV,   Leer),
                (B,   BBd,     BA,    Leer),
                (A,   AE,      AA,    Leer),
                (BBd, KBBd,    VBBd,  Leer),
                (BA,  KBA,     VBA,   Leer),
                (AE,  KAE,     VAE,   Leer),
                (AA,  KAA,     VAA,   Leer)
               );

  nummer :INTEGER = c0;


(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* Variablen
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)


  VAR
   Wurzel,
   Pziel       : TWurzel;
   Pneu        : PTKante;

   Agenda,
   PAgenda,
   Paar        : PTAgenda;

   LexWurzel,
   LexAktuell,
   LexEintrag  : PTLexElem;
   Lexikon     : Text;


(*************************************************************************
******)
(* FUNKTIONEN
```

```
*)
(*********************************************************************
******)



(*-------------------------------------------------------------------
---*)
  (* KantenZaehler
*)

(*-------------------------------------------------------------------
---*)

  FUNCTION NimmNummer:INTEGER;
   BEGIN
    Nummer := Nummer + c1;
    NimmNummer := Nummer
   END;



(*********************************************************************
******)
(* PROZEDUREN
*)
(*********************************************************************
******)




(*-------------------------------------------------------------------
---*)
  (* LexikonLesen
*)

(*-------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE LiesDasLexikon (VAR f:Text;
                            G:TGrammatik;
                            l:PTLexElem);
    VAR
     zaehler :INTEGER;
     z11     : 1..c11;
     z4      : 1.. c4;
     ch      :   CHAR;
```

```
  st5     : STRING(.c5.);

BEGIN
 ASSIGN(f,datei);
 LexWurzel := NIL;
 RESET(f);
 WHILE NOT EOF(f)
  DO
   BEGIN
    NEW(LexEintrag);
    IF LexWurzel = NIL
     THEN
      BEGIN
       LexWurzel := LexEintrag;
       LexAktuell:= LexWurzel;
       LexEintrag^.naechstes := NIL;
      END
     ELSE
      BEGIN
       LexAktuell^.naechstes := LexEintrag;
       LexEIntrag^.naechstes := NIL;
       LexAktuell            := LexAktuell^.naechstes;
      END;
    LexEintrag^.Terminal := '';
    st5 := '';
    FOR Zaehler := c1 to c5
     DO
      BEGIN
       READ(f,ch);
       st5 := st5 + UPCASE(ch)
      END;
    REPEAT
     READ(f,ch);
     LexEintrag^.terminal := LexEintrag^.Terminal + UPCASE(ch);
    UNTIL EOLN(f);
    READLN(f);
    IF st5 = 'KBG**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KBG    ELSE
    IF st5 = 'VBG**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VBG    ELSE
    IF st5 = 'KBBD*' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KBBD   ELSE
    IF st5 = 'VBBD*' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VBBD   ELSE
    IF st5 = 'KBA**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KBA    ELSE
    IF st5 = 'VBA**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VBA    ELSE
    IF st5 = 'KAE**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KAE    ELSE
    IF st5 = 'VAE**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VAE    ELSE
    IF st5 = 'KAA**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KAA    ELSE
    IF st5 = 'VAA**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VAA    ELSE
    IF st5 = 'KAV**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := KAV    ELSE
    IF st5 = 'VAV**' THEN  LexEintrag^.Kategorie := VAV
   END;
END;
```

```
(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* SatzLesen
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE LiesDenSatz;
   VAR
    satz:        STRING(.cmax.);
    zaehler:     INTEGER;
   BEGIN
    CLRSCR;
    WRITELN(CopyRight);
    WRITE('-----> ');
    Wurzel.spalte := NIL;
    Wurzel.zeigt  := NIL;
    READLN(satz);
    FOR zaehler := c1 to LENGTH(satz)
     DO satz(.zaehler.) := UPCASE(satz(.zaehler.));
    Satz := Satz + blank;
    Writeln('-----> ',satz);
    WHILE satz <> ''
    DO
    BEGIN
       NEW(Pneu);
       Pneu^.nummer   :=NimmNummer;
       Pneu^.wort     := TRUE;
       NEW(Pneu^.gefunden);
       Pneu^.gefunden^.kante := Pneu;
       pneu^.gefunden^.next  := NIL;
       Pneu^.gesucht         := NIL;
       Pneu^.nachkomme       :=FALSE;
       IF Wurzel.zeigt = NIL
        THEN
         BEGIN
           Wurzel.zeigt := pneu;
           Wurzel.spalte:= pneu;
           PZiel.spalte := pneu;
           PZiel.zeigt  := Pneu;
           pneu^.vor    := NIL;
           Pneu^.zeigt  := NIL;
           Pneu^.nach   := NIL;
         END
        ELSE
         BEGIN
```

```
          Wurzel.zeigt^.zeigt := Pneu;
          Pneu^.vor           := Wurzel.zeigt;
          Pneu^.nach          := NIL;
          Pneu^.zeigt         := NIL;
          Wurzel.zeigt        := Wurzel.zeigt^.zeigt;
         END;
       pneu^.aktiv   := false;
       pneu^.inhalt  := COPY(satz,c1,POS(blank,satz)-c1);
       LexAktuell    := LexWurzel;
       WHILE LexAktuell <> NIL
        DO
         BEGIN
          IF LexAktuell^.Terminal = pneu^.inhalt
           Then
            BEGIN
             pneu^.Kategorie := LexAktuell^.Kategorie;
            END;
          LexAktuell := LexAktuell^.naechstes;
         END;
        DELETE(satz,c1,POS(blank,satz));
      END;
   END;
```

```
(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* Regel3KanteInAgendaEintragen
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE Regel3KanteInAgendaEintragen (Kante:PTKante);
   VAR
    Wurzel,
    PZiel  :TWurzel;
   PROCEDURE NeuesAgendaPaarAnlegen;
    BEGIN
     NEW(paar);
     IF Agenda = NIL
      THEN
       BEGIN
        Agenda := Paar;
        Pagenda:= Paar;
        Paar^.next := NIL;
        Paar^.back := NIL;
```

```
    END
   ELSE
    BEGIN
     PAgenda^.next := Paar;
     Paar^.next    := NIL;
     Paar^.back    := Pagenda;
     Pagenda       := Pagenda^.next;
   END;
 END;

BEGIN
 IF Kante^.aktiv
  THEN
   BEGIN
    Wurzel.zeigt := Kante^.zeigt;
    WHILE wurzel.zeigt <> NIL
     DO
     BEGIN
      IF NOT(wurzel.zeigt^.aktiv)
       THEN
        BEGIN
         NeuesAgendaPaarAnlegen;
         paar^.A := kante;
         paar^.I := wurzel.zeigt;
        END;
     Wurzel.zeigt  := Wurzel.zeigt^.nach
     END
   END
  ELSE
  BEGIN
    PZiel.zeigt  := Kante;
    WHILE NOT(PZiel.zeigt^.Wort)
     DO PZiel.Zeigt := PZiel.Zeigt^.Vor;
    Wurzel.Zeigt    := PZiel.Zeigt;
    Wurzel.Spalte   := PZiel.Zeigt;
    PZiel.Spalte    := Pziel.zeigt;
    WHILE wurzel.spalte <> NIL
     DO
     BEGIN
      WHILE wurzel.zeigt <> NIL
      DO
      BEGIN
       IF wurzel.zeigt^.aktiv
        AND (Wurzel.zeigt^.zeigt = PZiel.spalte)
        THEN
         BEGIN
          NeuesAGendaPaarAnlegen;
          paar^.I := kante;
          paar^.A := wurzel.zeigt;
         END;
```

```
          Wurzel.zeigt  := Wurzel.zeigt^.nach
         END;
         wurzel.spalte  := wurzel.spalte^.vor;
         wurzel.zeigt   := wurzel.spalte;
        END
       END
      END;


(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* AgendaAusgabe
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE NimmAgendaEintrag(VAR PEintrag:PTAgenda);
   BEGIN
      IF PAgenda = Agenda
      THEN
       BEGIN
        PEintrag := Agenda;
        PAgenda  := NIL;
        Agenda   := NIL;
       END
      ELSE
       BEGIN
        PAGENDA       := PAGENDA^.back;
        PEintrag      := PAgenda^.next;
        PAGENDA^.next := NIL;
       END;
   END;




(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* Regel2EineNeueKanteAnlegen
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE Regel2EineNeueKanteAnlegen( Kante     :PTKante;
                                        Kategorie :TKategorien;
                                        Gram      :TGrammatik );
```

```
   VAR
     Wurzel             :TWurzel;
     PHilfe,
     PGesuchteKategorie :PTKategorienListe;
     zaehler,
     zaehler2           :INTEGER;

   BEGIN
   Wurzel.zeigt := Kante;
   Wurzel.spalte:= Kante;
   WHILE Wurzel.zeigt^.nach <> NIL
    DO Wurzel.zeigt := Wurzel.zeigt^.nach;
    FOR zaehler := c1 To c11
     DO
      IF  (kategorie = Gram(.zaehler,c1.))
      AND (kategorie <> Leer)
       THEN
       BEGIN
        Gram(.zaehler,c1.) := Leer;
        NEW(pneu);
        Wurzel.zeigt^.nach := pneu;
        pneu^.nummer       := NimmNummer;
        pneu^.vor          := Wurzel.zeigt;
        Pneu^.nach         := NIL;
        Pneu^.zeigt        := wurzel.spalte;
        Wurzel.zeigt       := Wurzel.zeigt^.nach;
        pneu^.aktiv        := true;
        pneu^.kategorie    := kategorie;
        Pneu^.Wort         := false;
        Pneu^.gesucht      := NIL;
        Pneu^.gefunden     := NIL;
        Pneu^.nachkomme    := FALSE;
        FOR zaehler2 := c2 TO c4
         DO
         BEGIN
          IF Gram(.zaehler,zaehler2.) <> Leer
           THEN
            BEGIN
             NEW(PGesuchteKategorie);
             PGesuchteKategorie^.weiter:= NIL;
             PGesuchteKategorie^.Kategorie :=
Gram(.zaehler,zaehler2.);
             IF Pneu^.gesucht = NIL
              THEN
               BEGIN
                PHilfe        := PGesuchteKategorie;
                Pneu^.gesucht := PHilfe;
               END
              ELSE
               BEGIN
```

```
                PHilfe^.weiter := PGesuchteKategorie;
                PHilfe         := PHilfe^.weiter;
               END
            END
         END;
        Regel3KanteInAgendaEintragen (pneu);
        Regel2EineNeueKanteAnlegen(Wurzel.spalte,
                                   pneu^.gesucht^.kategorie,gram);
     END;
   END;




(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* Regel1EineKanteErweiternen
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE Regel1EineKanteErweitern(paar:PTAgenda);
   VAR
    PneuHilf,Pneugefneu,AHilf :PTKantenListe;
   BEGIN

   IF paar^.I^.kategorie = paar^.A^.gesucht^.kategorie
    THEN
     BEGIN
      NEW(pneu);
      pneu^.nummer      := NimmNummer;
      pneu^.kategorie   := Paar^.A^.kategorie;
(*-----------------------------------------------------*)
      Pneu^.gefunden := NIL;
      AHilf := Paar^.A^.gefunden;

      WHILE AHilf <> NIL
       DO
       BEGIN
        NEW(Pneugefneu);
        IF Pneu^.gefunden = NIL
         THEN
          BEGIN
           Pneu^.gefunden := Pneugefneu;
           PneuHilf       := Pneu^.gefunden;
           PneuHilf^.next := NIL;
          END
         ELSE
```

```
           BEGIN
            PneuHilf^.next   := Pneugefneu;
            PneuHilf         := PneuHilf^.next;
            PneuHilf^.next   := NIL;
           END;

          Pneugefneu^.kante     := AHilf^.kante;
          AHilf                 := AHilf^.next;
         END;

         NEW(Pneugefneu);
         IF Pneu^.gefunden = NIL
          THEN
           BEGIN
            Pneu^.gefunden := Pneugefneu;
            Pneugefneu^.next := NIL;
           END
          ELSE
           BEGIN
             PneuHilf^.next   := Pneugefneu;
             PneuHilf         := PneuHilf^.next;
             PneuHilf^.next   := NIL;
           END;
         Pneugefneu^.kante    := Paar^.I;
      (*-------------------------------------------*)
         Pneu^.wort             := FALSE;
         IF Paar^.A^.gesucht^.weiter = NIL
          THEN Pneu^.gesucht   := NIL
          ELSE Pneu^.gesucht   := Paar^.A^.gesucht^.weiter;
         Pneu^.nachkomme := TRUE;

        IF pneu^.gesucht   = NIL
         THEN Pneu^.aktiv := false
         ELSE Pneu^.aktiv := true;

        WHILE Paar^.A^.nach <> NIL
         DO Paar^.A       := Paar^.A^.nach;

        Paar^.A^.nach     := pneu;
        pneu^.vor         := Paar^.A;
        pneu^.zeigt       := Paar^.I^.zeigt;
        pneu^.nach        := NIL;

        Regel3KanteInAgendaEintragen (pneu);
        IF Pneu^.aktiv
         THEN Regel2EineNeueKanteAnlegen(Pneu^.zeigt,

pneu^.gesucht^.kategorie,Grammatik);
       END;
```

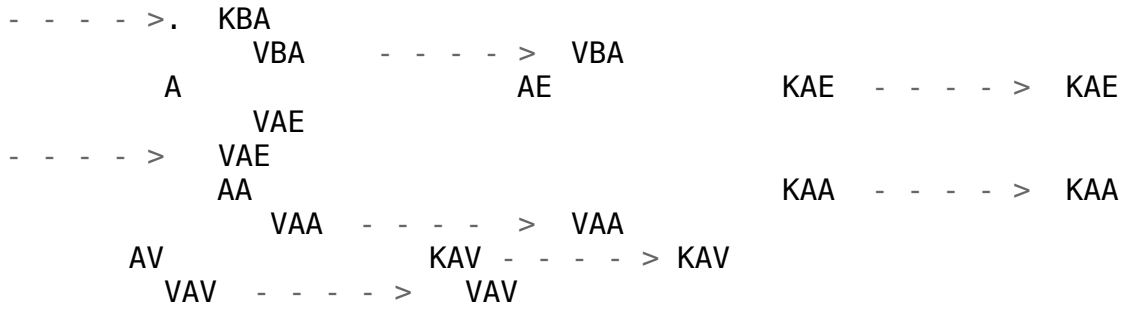
```
   END;

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* SatzAnalyse
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

   PROCEDURE SatzAnalyse;
    BEGIN
    WHILE Agenda <> NIL
    DO
     BEGIN
      NimmAgendaEintrag(Paar);
      Regel1EineKanteErweitern(Paar);
     END;

    END;

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* SatzAusgabe
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

   PROCEDURE GibAlleSatzalternativenAus;
    CONST
     BlankAnz:INTEGER = c2;
    VAR
     PHilf   :PTkantenListe;

    PROCEDURE SatzAusgabe(Kante:PTKante;BlankAnz:INTEGER);
     VAR

     Zaehler:INTEGER;
     PHilf  :PTKantenListe;
     BEGIN
      FOR Zaehler := c1 TO BlankAnz DO WRITE(blank);

      IF Kante^.kategorie = VKG     THEN WRITELN ('VKG ') ELSE
      IF Kante^.kategorie = BG      THEN WRITELN ('BG  ') ELSE
      IF Kante^.kategorie = VT      THEN WRITELN ('VT  ') ELSE
      IF Kante^.kategorie = AV      THEN WRITE   ('AV  ') ELSE
```

```
  IF Kante^.kategorie = B       THEN WRITELN ('B   ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = A       THEN WRITE   ('A   ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = BBD     THEN WRITE   ('BBD ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = BA      THEN WRITELN ('BA  ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = AE      THEN WRITE   ('AE  ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = AA      THEN WRITE   ('AA  ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KBG     THEN WRITELN ('KBG ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VBG     THEN WRITELN ('VBG ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KBBD    THEN WRITELN ('KBBD') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VBBD    THEN WRITE   ('VBBD') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KBA     THEN WRITELN ('KBA ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VBA     THEN WRITE   ('VBA ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KAE     THEN WRITE   ('KAE ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VAE     THEN WRITELN ('VAE ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KAA     THEN WRITE   ('KAA ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VAA     THEN WRITE   ('VAA ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = KAV     THEN WRITE   ('KAV ') ELSE
  IF Kante^.kategorie = VAV     THEN WRITE   ('VAV ');

  IF Kante^.wort
   THEN
    WRITELN('----> ',Kante^.inhalt)
   ELSE
    BEGIN
    PHilf := Kante^.gefunden;
    WHILE PHilf <> NIL
     DO
      BEGIN
       Satzausgabe(PHilf^.kante,Blankanz+c1);
       PHilf := Phlf^.next;
      END
    END
END;

BEGIN
  WHILE Wurzel.zeigt^.vor <> NIL
   DO Wurzel.zeigt := Wurzel.zeigt^.vor;

  WHILE Wurzel.zeigt <> NIL
  DO
  BEGIN
   IF (Wurzel.zeigt^.kategorie = VKG)
     AND ((NOT(Wurzel.zeigt^.aktiv))
     AND (wurzel.zeigt^.zeigt = NIL))
     THEN
      BEGIN
       WRITELN('VKG');
       PHilf := Wurzel.zeigt^.gefunden;
       WHILE PHilf <> NIL
        DO
```

```
            BEGIN
             Satzausgabe(PHilf^.kante,Blankanz+c1);
             PHilf := Philf^.next;
            END
          END;
      Wurzel.zeigt := Wurzel.zeigt^.nach;
      END;

    END;


(*-------------------------------------------------------------------------
---*)
  (* FreigabeDesBenutztenSpeicherplatzes
*)

(*-------------------------------------------------------------------------
---*)

  PROCEDURE LoescheDieListe;
   PROCEDURE LoescheWort(kante :PTKante);
    PROCEDURE LoescheSpalte(kante:PTKante);
     VAR
      Pgefunden :PTKantenListe;
      Pgesucht  :PTKategorienListe;
     PROCEDURE LoescheGesucht(p:PTKategorienListe);
      BEGIN
       IF p^.weiter <> NIL
        THEN LoescheGesucht(p^.weiter);
       IF P <> NIL THEN DISPOSE(P);
      END;
     PROCEDURE LoescheGefunden(Kante:PTKante;p:PTKantenListe);
      BEGIN
       IF p^.next <> NIL
        THEN LoescheGefunden(Kante,p^.next);
       DISPOSE(P);
      END;
     BEGIN(*LoescheSpalte*)
      IF Kante^.nach <> NIL
       THEN LoescheSpalte(kante^.nach);
      IF (NOT Kante^.nachkomme) AND ((Kante^.gesucht <> NIL)
       AND (NOT Kante^.wort))
       THEN LoescheGesucht(Kante^.gesucht);
      IF Kante^.gefunden <> NIL
       THEN LoescheGefunden(Kante,Kante^.gefunden);
      DISPOSE(Kante)
     END;(*LoescheSpalte*)
    BEGIN(*LoescheWort*)
     IF Kante^.zeigt <> NIL
      THEN LoescheWort(Kante^.zeigt);
```

```
    LoescheSpalte(Kante);
    END;(*LoescheWort*)
   BEGIN(*LoescheDieListe*)
    WHILE Wurzel.spalte^.vor <> NIL
     DO Wurzel.spalte := Wurzel.spalte^.vor;
    LoescheWort(Wurzel.spalte);
   END;(*LoescheDieListe*)
(**********************************************************************
******)
(* HAUPTPROGRAMM DES CHART PARSERS
*)
(**********************************************************************
******)

  BEGIN
   Agenda := NIL;
   PAgenda := Agenda;
   LiesDasLexikon(Lexikon,Grammatik,LexWurzel);
   LiesDenSatz;
   WHILE Wurzel.spalte^.vor <> NIL
    DO Wurzel.spalte := Wurzel.spalte^.vor;
   Regel2EineNeueKanteAnlegen(Wurzel.spalte,VKG,Grammatik);
   SatzAnalyse;
   GibAlleSatzalternativenAus;
   LoescheDieListe;
(**********************************************************************
******)
(* ENDE DES HAUPTPROGRAMMS DES CHART PARSERS
*)
(**********************************************************************
******)

  END.
```

```
Demo-Parser Chart-Parser Version 1.0(c)1992 by Paul Koop
- - - - - > KBG VBG KBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV
- - - - - > KBG VBG KBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV
VKG
       BG
         KBG
- - - - >   KBG
         VBG
- - - - >  VBG
      VT
         B
            BBD                KBBD
 - - - - >  KBBD
              VBBD - - - - > VBBD
            BA
              KBA
```




```python
import re

# Lesen des Korpus aus einer Datei
#with open("VKGKORPUS.TXT", "r") as f:
#    korpus = f.read()
korpus = "KBG VBG KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA
KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV"
# Extrahieren der Terminalsymbole aus dem Korpus
terminals = re.findall(r"[KV][A-Z]+", korpus)

# Entfernen der vorangestellten K- oder V-Zeichen aus den
Terminalsymbolen
non_terminals = list(set([t[1:] for t in terminals]))

# Erzeugen der Regelproduktionen
productions = []
for nt in non_terminals:
    rhs = [t for t in terminals if t[1:] == nt]
    productions.append((nt, rhs))

# Ausgabe der Grammatikregeln
print("Regeln:")
for nt, rhs in productions:
    print(nt + " -> " + " | ".join(rhs))

# Ausgabe der Startsymbol
print("Startsymbol: VKG")
```

```
Regeln:
AV -> KAV | VAV
BG -> KBG | VBG
AA -> KAA | VAA | KAA | VAA
AE -> KAE | VAE | KAE | VAE
BA -> KBA | VBA | KBA | VBA | KBA | VBA | KBA | VBA
BBD -> KBBD | VBBD | KBBD | VBBD | KBBD | VBBD | KBBD | VBBD
Startsymbol: VKG
```

Die Nonterminalsymbole sind hier jeweils die ersten Buchstaben der Terminalsymbole ohne das vorangestellte "K" oder "V". Die Startregel ist 'VK', was bedeutet, dass der Verkäufer (V) die Konversation beginnt und der Käufer (K) antwortet. Beachten Sie, dass die Produktionsregeln in beide Richtungen funktionieren, da die Konversation zwischen Verkäufer und Käufer wechselseitig ist.

```
import re
from collections import defaultdict

corpus = "KBG VBG KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA
KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV"

# Erstellen eines Wörterbuchs, um die Anzahl der Vorkommen von
Terminalsymbolden zu zählen.
vocab = defaultdict(int)
for word in corpus.split():
    vocab[word] += 1

# Entfernen von Präfixen K und V von Terminalsymbolen.
terminals = list(set([re.sub(r'^[KV]', '', w) for w in vocab.keys()]))

# Erstellen der Produktionen für die Grammatik.
productions = []
for w in vocab.keys():
    if re.match(r'^K', w):
        lhs = 'K'
    elif re.match(r'^V', w):
        lhs = 'V'
    else:
        lhs = re.sub(r'^[KV]', '', w)
    rhs = w
    productions.append((lhs, [rhs]))

# Erstellen der Startregel der Grammatik.
start = 'VK'

# Ausgabe der Grammatik.
print(f'Start: {start}')
for lhs, rhs in productions:
    print(f'{lhs} -> {" ".join(rhs)}')
```

```
Start: VK
K -> KBG
V -> VBG
K -> KBBD
V -> VBBD
K -> KBA
V -> VBA
K -> KAE
V -> VAE
```

```
K -> KAA
V -> VAA
K -> KAV
V -> VAV
```

Das Programm liest das gegebene Korpus ein und extrahiert die nicht-terminalen Symbole, indem es alle Symbole entfernt, die mit "K" oder "V" beginnen. Dann iteriert es über das Korpus und zählt die Produktionsregeln, indem es für jedes Vorkommen eines nicht-terminalen Symbols den nachfolgenden Terminalsymbol zählt. Schließlich berechnet es die Wahrscheinlichkeiten der Produktionsregeln, indem es die Häufigkeit jedes rechten Seiten eines nicht-terminalen Symbols durch die Gesamtanzahl der Vorkommen des linken Symbols dividiert.

Das Programm gibt dann die induzierte Grammatik aus, wobei die Wahrscheinlichkeiten der Produktionsregeln angezeigt werden.

```
from collections import defaultdict
import random

# define the grammar production rules
grammar = defaultdict(list)

# read in the corpus
corpus = "KBG VBG KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KBBD VBBD KBA VBA
KBBD VBBD KBA VBA KBBD VBBD KBA VBA KAE VAE KAA VAA KAV VAV".split()

# get the non-terminal symbols
nonterminals = set([symbol[1:] for symbol in corpus if
symbol.startswith("K") or symbol.startswith("V")])

# iterate over the corpus and count the production rules
for i in range(1, len(corpus)):
    curr_symbol = corpus[i]
    prev_symbol = corpus[i-1]
    if prev_symbol.startswith("K") or prev_symbol.startswith("V"):
        grammar[prev_symbol[1:]].append(curr_symbol)

# calculate the probabilities for the production rules
for lhs in grammar.keys():
    productions = grammar[lhs]
    total_count = len(productions)
    probabilities = defaultdict(float)
    for rhs in productions:
        probabilities[rhs] += 1.0
    for rhs in probabilities.keys():
        probabilities[rhs] /= total_count
    grammar[lhs] = probabilities

# print the grammar
```

```
print("Grammar:")
for lhs in grammar.keys():
    print(lhs + " ->")
    for rhs in grammar[lhs].keys():
        print("  " + rhs + " : " + str(grammar[lhs][rhs]))
```

```
Grammar:
BG ->
  VBG : 0.5
  KBBD : 0.5
BBD ->
  VBBD : 0.5
  KBA : 0.5
BA ->
  VBA : 0.5
  KAE : 0.25
  KBBD : 0.25
AE ->
  VAE : 0.5
  KAA : 0.5
AA ->
  VAA : 0.5
  KBBD : 0.25
  KAV : 0.25
AV ->
  VAV : 1.0
```

Hier ist ein Beispielprogramm in Python, das die gegebene probabilistische Grammatik nutzt, um das gegebene Korpus zu parsen:

```
import random

# Die gegebene probabilistische Grammatik
grammar = {
    'BG': {'VBG': 0.5, 'KBBD': 0.5},
    'BBD': {'VBBD': 0.5, 'KBA': 0.5},
    'BA': {'VBA': 0.5, 'KAE': 0.25, 'KBBD': 0.25},
    'AE': {'VAE': 0.5, 'KAA': 0.5},
    'AA': {'VAA': 0.5, 'KAV': 0.25, 'KBBD': 0.25},
    'AV': {'VAV': 1.0},
}

# Das zu parsende Korpus
corpus = ['KBG', 'VBG', 'KBBG', 'VBBD', 'KAE', 'VBA', 'KAE', 'VAA',
'KBBG', 'VBBD', 'KBA', 'VBA', 'KBBG', 'VBBD', 'KBA', 'VBA', 'KAE',
'VAE', 'KAA', 'VAA', 'KAV', 'VAV']

# Initialisiere die Tabelle mit leeren Einträgen
chart = [[{} for i in range(len(corpus) + 1)] for j in
range(len(corpus) + 1)]
```

```
# Fülle die Tabelle mit den Terminalsymbolen und den
Wahrscheinlichkeiten
for i in range(len(corpus)):
    for lhs, rhs_probs in grammar.items():
        for rhs, prob in rhs_probs.items():
            if rhs == corpus[i]:
                chart[i][i+1][lhs] = {'prob': prob, 'prev': None}

# Fülle die Tabelle mit den Nichtterminalsymbolen und den
Wahrscheinlichkeiten
for span in range(2, len(corpus) + 1):
    for start in range(len(corpus) - span + 1):
        end = start + span
        for split in range(start + 1, end):
            for lhs, rhs_probs in grammar.items():
                for rhs, prob in rhs_probs.items():
                    if len(rhs) == 2:
                        left, right = rhs
                        if left in chart[start][split] and right in
chart[split][end]:
                            prod_prob = prob * chart[start][split]
[left]['prob'] * chart[split][end][right]['prob']
                            if lhs not in chart[start][end] or
prod_prob > chart[start][end][lhs]['prob']:
                                chart[start][end][lhs] = {'prob':
prod_prob, 'prev': (split, left, right)}

# Ausgabe des Parsing-Baums
def print_tree(start, end, symbol):
    if symbol in chart[start][end]:
        if chart[start][end][symbol]['prev'] is None:
            return [symbol]
        split, left, right = chart[start][end][symbol]['prev']
        return [symbol, print_tree(start, split, left),
print_tree(split, end, right)]
    else:
        return []

# Parse den Satz und gib den resultierenden Parse-Baum aus
parse_tree = print_tree(0, len(corpus), 'BG')
print(parse_tree)
```

Eine probabilistische Grammatik kann als Bayessches Netz interpretiert werden. In einem Bayesschen Netz werden die Abhängigkeiten zwischen den Variablen durch gerichtete Kanten modelliert, während die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Variablen und Kanten durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen dargestellt werden.

In einer probabilistischen Grammatik werden die Produktionsregeln als Variablen und die Terme und Nichtterminale als Zustände modelliert. Jede Produktion hat eine bestimmte

Wahrscheinlichkeit, die durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung dargestellt werden kann. Die Wahrscheinlichkeit, einen bestimmten Satz zu generieren, kann dann durch die Produktionsregeln und deren Wahrscheinlichkeiten berechnet werden.

Die Zustände in der probabilistischen Grammatik können als Knoten im Bayesschen Netz interpretiert werden, während die Produktionsregeln als gerichtete Kanten dargestellt werden können. Die Wahrscheinlichkeiten der Produktionsregeln können dann als Kantenbedingungen modelliert werden. Durch die Berechnung der posterior Wahrscheinlichkeit kann dann eine probabilistische Vorhersage getroffen werden, welcher Satz am wahrscheinlichsten ist, gegeben die Beobachtungen.

Das Korpus kann als Protokoll der wechselseitigen Interaktion zweier Softwareagenten eines Multiagentensystems verstanden werden. Die Agenten dieses Multiagentensystems haben Zugriff auf das letzte generierte Terminalzeichen und die probabilistische Grammatik, die als Bayerisches Netz interpretiert werden kann. Dieses Wissen nutzen sie zur Generierung des nächsten Terminalzeichens. Ein Agent K generiert die Käufer-Terminalzeichen. Ein Agent V generiert die Verkäufer-Terminalzeichen.

Hier ist ein Beispielprogramm, das den Agenten K startet und das Terminalzeichen "KBG" setzt. Der Agent V generiert dann das nächste Terminalzeichen basierend auf der übergebenen Grammatik und dem letzten Terminalzeichen "KBG". Dies wird dann in einer Schleife fortgesetzt, bis eine maximale Anzahl von Terminalzeichen erreicht ist.

```
import random

# Grammatik als probabilistisches Bayessches Netz definieren
grammar = {
    "BG": {"VBG": 0.5, "KBBD": 0.5},
    "BBD": {"VBBD": 0.5, "KBA": 0.5},
    "BA": {"VBA": 0.5, "KAE": 0.25, "KBBD": 0.25},
    "AE": {"VAE": 0.5, "KAA": 0.5},
    "AA": {"VAA": 0.5, "KBBD": 0.25, "KAV": 0.25},
    "AV": {"VAV": 1.0}
}

# Funktion zur Generierung des nächsten Terminalzeichens
def generate_next_terminal(grammar, last_terminal):
    # Wähle die Produktion basierend auf dem letzten Terminalzeichen
und der Grammatik aus
    productions = grammar[last_terminal]
    production = random.choices(list(productions.keys()),
list(productions.values()))[0]
    return production

# Maximale Anzahl von Terminalzeichen
max_length = 10

# Startzeichen für Agent K
last_terminal = "KBG"
```

```
# Schleife für Interaktion zwischen Agent K und Agent V
for i in range(max_length):
    # Agent K generiert das nächste Terminalzeichen basierend auf der
Grammatik und dem letzten gesetzten Zeichen
    next_terminal = generate_next_terminal(grammar, last_terminal)
    print("Agent K: ", last_terminal)

    # Agent V generiert das nächste Terminalzeichen basierend auf der
Grammatik und dem letzten gesetzten Zeichen
    last_terminal = generate_next_terminal(grammar, next_terminal)
    print("Agent V: ", next_terminal)

# Letztes Terminalzeichen ausgeben, das von Agent K generiert wurde
print("Letztes Terminalzeichen: ", last_terminal)
```

Agent K: KBG Agent V: KBBD Agent K: KBBD Agent V: KAE Agent K: KAE Agent V: VAE Agent K: VAE Agent V: KAA Agent K: KAA Agent V: VAA Agent K: VAA Letztes Terminalzeichen: VAA