Universität Bremen

Fachbereich Produktionstechnik
Bremer Institut für Messtechnik,
Automatisierung und Qualitätswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. habil. A. Fischer

BIMAQ

Automatisierungstechnik

Automatisierungstechnik - Übung 3

Aufgabe 17: Fuzzy-Logic – Temperaturregelung

Anhand einer einfachen Klimaanlage soll die Funktionsweise einer unscharfen Steuerung erklärt werden. Eine unscharfe Steuerung wird in drei Schritten aufgebaut.

Für die Übung wird das Fuzzy-Modul von Matlab verwendet, das Sie mit dem Befehl `fuzzy` starten können.

Als erstes gilt es herauszufinden, mit welchen Eingaben X das System welche Ausgaben Y erzeugen soll. Für eine Klimaanlage z. B. ist damit *X* die Raumtemperatur in Grad Celsius und *Y* die Drehzahl des Motors der Klimaanlage. Angenommen, dass bei hoher Drehzahl des Motors die Luft gekühlt wird, dann soll die Drehzahl bei niedriger Temperatur auch niedrig sein und bei hoher Temperatur ebenfalls hoch. Zweitens gilt es, die unscharfen Mengen für X und Y zu bestimmen. Dazu werden scharfe Werte unscharfen Mengen zugeordnet, was auch Fuzzifizierung genannt wird.

a) Stellen Sie die Raumtemperatur X mit fünf unscharfen Mengen dar. Decken Sie dabei den Bereich on 0 °C bis 33 °C ab und die angenehme Zieltemperatur sei bei 18 °C.
b) Stellen Sie die Motordrehzahl Y mit fünf unscharfen Mengen dar. Die Motordrehzahl von 0 bis 100 kann z. B. für Umdrehungen pro Minute oder ähnliches stehen.

Anschließend müssen nun die unscharfen Regeln (fuzzy rules) aufgestellt werden. Es gilt also die Mengen, die die Motordrehzahl repräsentieren, mit den Mengen, die die Temperaturen repräsentieren, zu verbinden. So muss jeder Motordrehzahl-Menge eine Temperatur-Menge zugewiesen werden. Ist z.B. die Temperatur im Bereich KALT, dann wollen wir, dass der Motor ausgeschaltet wird, damit es nicht noch kälter wird. Wir wollen ja, dass die Temperatur im angenehmen Bereich bleibt. Damit haben wir schon die erste Regel: Wenn X ist KALT, dann Y ist HALT.

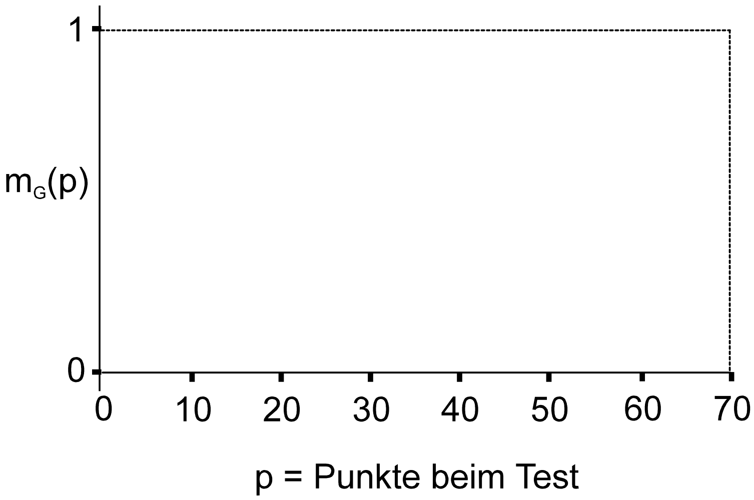
c) Formulieren sie die fünf Regeln umgangssprachlich.
d) Stellen Sie die Regeln als Rechtecke in einem Diagramm dar, in dem Sie Fuzzy-Regeln für Raumtemperatur und Motordrehzahl gegenüberstellen.
e) Die Defuzzifizierung soll nach der Schwerpunktmethoden erfolgen. Bestimmen Sie die Motordrehzahl für eine Raumtemperatur von 17,5 °C.

Aufgabe 18: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge

Überlegen Sie für die unscharfe Menge

G = {gute Noten}

zur Bewertung eines Tests eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion und stellen Sie diese graphisch dar, in dem Sie folgende Abbildung erweitern.



Begründen Sie Ihre Wahl und überlegen Sie, warum sich hier eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion eignet (denken Sie auch an die Benotung des Tests mit 1, 2, 3, 4, 5 und 6).

Aufgabe 19: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge

Unscharfe Mengen lassen sich als sogenannte Wertepaare darstellen. Zum Beispiel für die Menge der schnellen Autos:

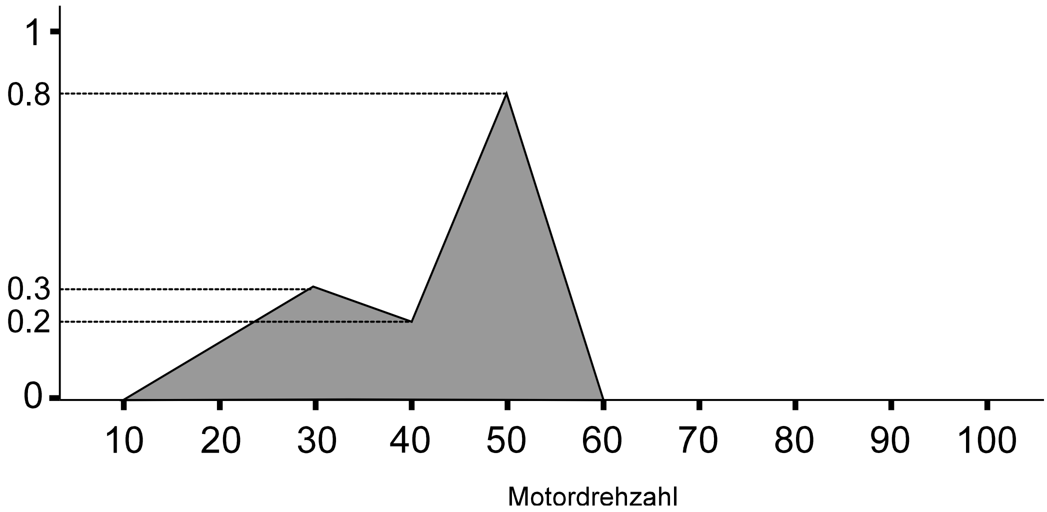
SCHNELL = {(Audi; 0.6), (Mercedes; 0.7), (Bugatti; 1.0), (BMW; 0.8), (Porsche; 0.9)}.

So ist z. B. ein BMW zu 80 % so schnell wie das schnellste Auto (Bugatti).

a) Die unscharfe Menge soll als Element die Autos Audi, BMW, Bugatti, Mercedes, Porsche und Inrome enthalten. Überlegen Sie zu jedem Auto, wie häufig es vorkommen könnte und schreiben Sie die Wertepaare zu der Menge SELTEN auf (bedenken Sie, dass es derzeit keine "Inrome"-Autos gibt!).
b) Berechnen Sie die Vereinigungsmenge SCHNELL_ODER_SELTEN und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für Audi und Inrome.
c) Berechnen Sie die Schnittmenge für SCHNELL_UND_SELTEN und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für BMW und Inrome.
d) Berechnen Sie die Komplementmenge von SELTEN und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für Bugatti und Inrome.

Aufgabe 20: Fuzzy Logic – Defuzzifizierung

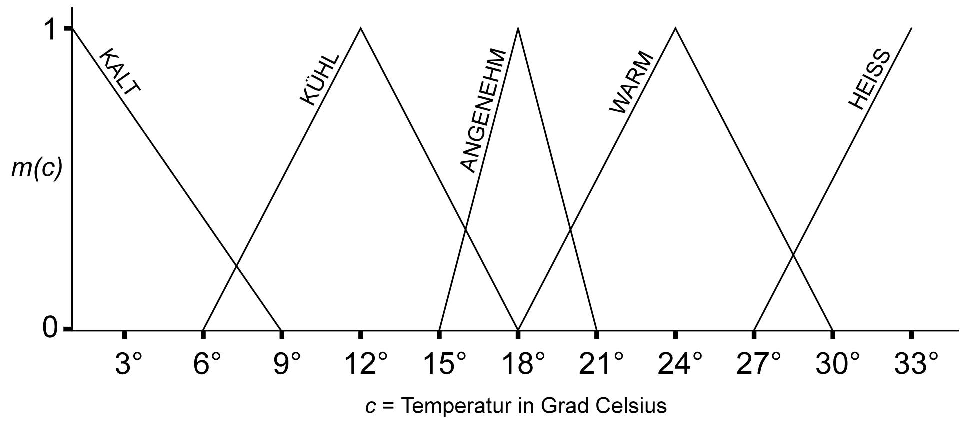
Defuzzifizieren Sie die unscharfe Menge in folgender Abbildung:


1
0.8
0.3
0.2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Motordrehzahl

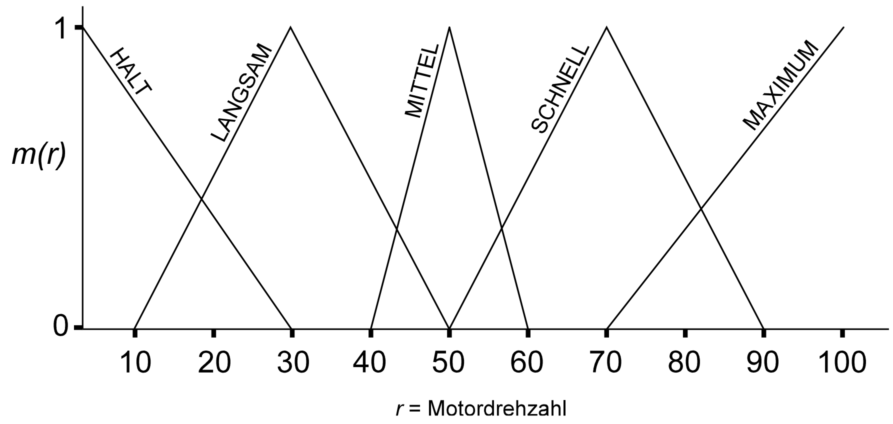
Kurzlösungen

Lösung 17 Fuzzy-Logic – Temperaturregelung

a) KALT, KÜHL, ANGENEHM, WARM und HEISS

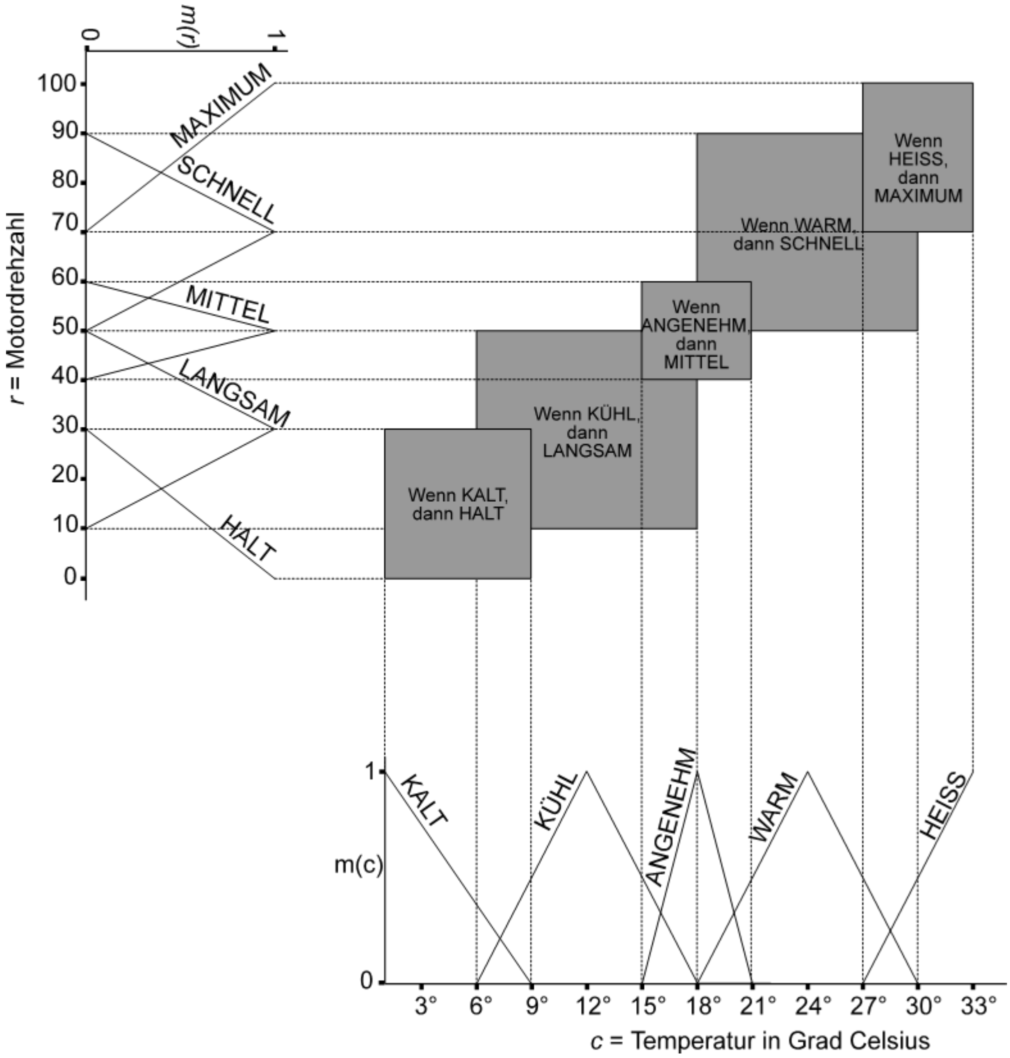


b) HALT, LANGSAM, MITTEL, SCHNELL und MAXIMUM



c) 1. Regel: Wenn die Temperatur kalt ist, dann halte den Motor an.
2. Regel: Wenn die Temperatur kühl ist, dann soll der Motor langsam laufen.
3. Regel: Wenn die Temperatur angenehm ist, dann soll der Motor mit mittlerer Drehzahl laufen.
4. Regel: Wenn die Temperatur warm ist, dann soll der Motor schnell laufen.
5. Regel: Wenn die Temperatur heiß ist, dann soll der Motor mit maximaler Drehzahl laufen.

d)


m(r)
0
1
r = Motordrehzahl
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
MAXIMUM
SCHNELL
MITTEL
LANGSAM
HALT
Wenn HEISS, dann MAXIMUM
Wenn WARM, dann SCHNELL
Wenn ANGENEHM, dann MITTEL
Wenn KÜHL, dann LANGSAM
Wenn KALT, dann HALT
m(c)
1
0
KALT
KÜHL
ANGENEHM
WARM
HEISS
3° 6° 9° 12° 15° 18° 21° 24° 27° 30° 33°
c = Temperatur in Grad Celsius

e)

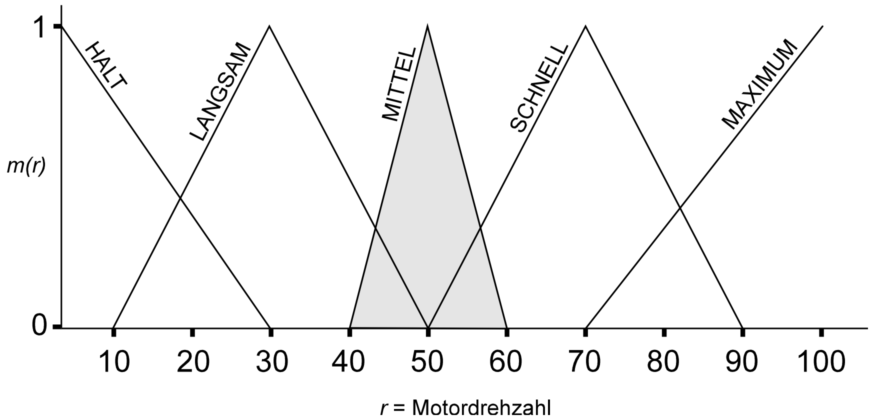


Bild 19-12: Bei 180 soll die Motorendrehzahl zur unscharfen Menge MITTEL gehö-ren

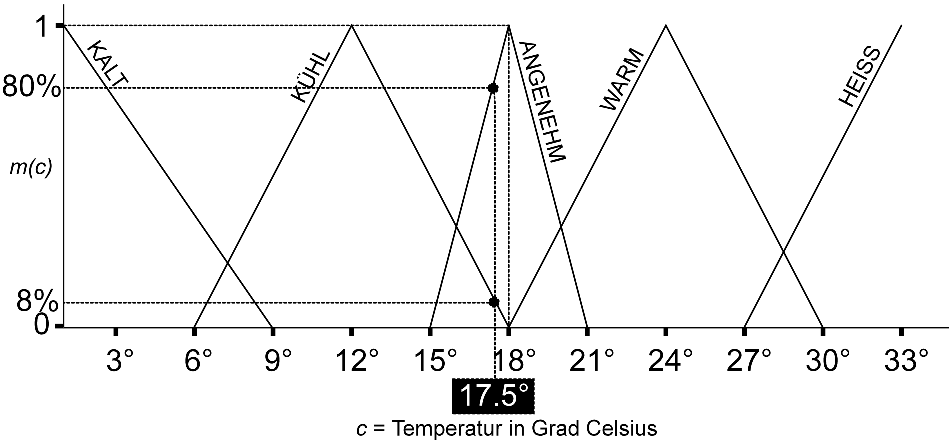


Bild 19-13: Regel ANGENEHM und Regel KÜHL feuern

Angenommen, die Temperatur fällt jetzt auf 17,5 °C. Diese Eingabe zählt nun zu 80 % zu der Menge ANGENEHM und zu 8 % zu der Menge KÜHL und zu 0 % zu den anderen Mengen (Bild. 19-13).

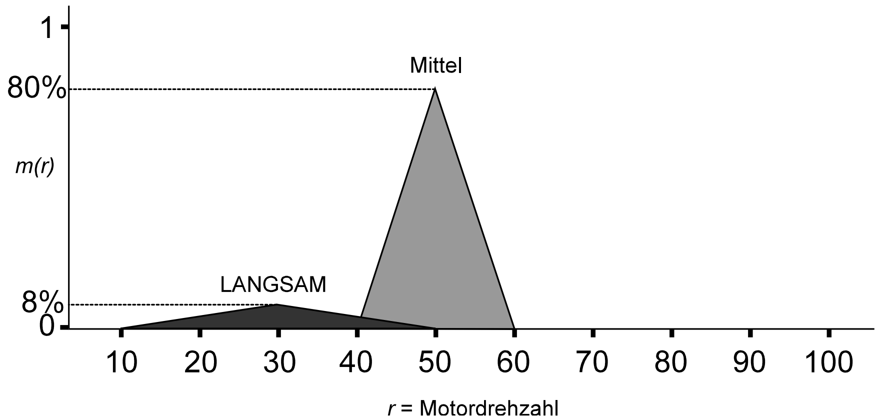


Bild 19-14: Regel MITTEL feuert zu 80 % und Regel LANGSAM zu 8 %

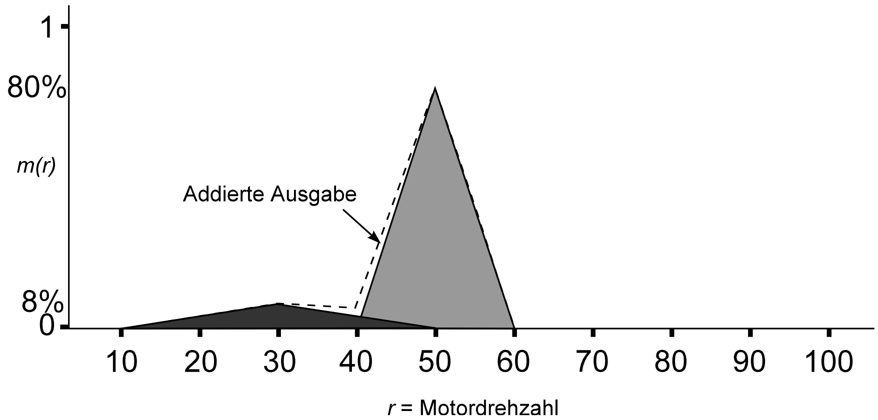


Bild 19-15: Addition zweier unscharfer Mengen

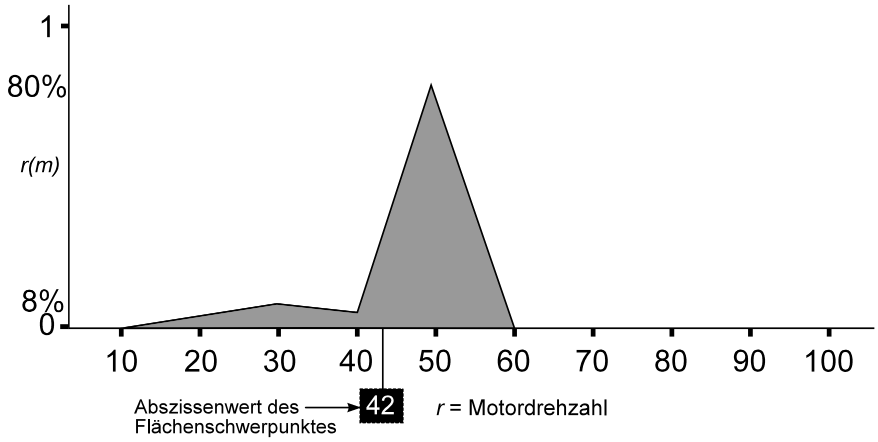
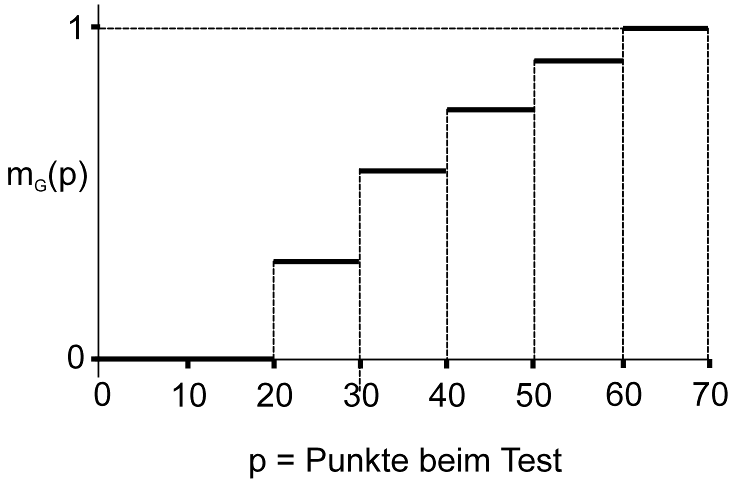


Bild 19-16: Defuzzifizierung zweier unscharfer Mengen

Lösung 18

Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche diskrete Zugehörigkeitsfunktion von G. Je mehr Punkte erreicht werden, desto größer ist der Wahrheitswert und desto mehr gehört die entsprechende Note zur Menge der guten Noten. Auch ist darauf geachtet worden, dass beim Erreichen weniger Punkte die zugehörigen Wahrheitswerte klein sind, da die damit erreichten Noten nur wenig zur Menge G zählen.

Eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion eignet sich hier besonders, weil ein Punkt mehr oder weniger eine ganze Note ausmachen kann und dies auch durch deutliche Änderungen bei den Wahrheitswerten klar gemacht werden soll.



Lösung 19

a) SELTEN =
{(Audi; 0.5), (Mercedes; 0.3), (BMW; 0.4), (Porsche; 0.8), (Bugatti; 0.9), (In-rome; 1.0)}

b) SCHNELL_ODER_SELTEN =
{(Audi; 0.6), (Mercedes; .7), (BMW; 0.8), (Porsche; 0.9), (Bugatti; 0.9), (Inro-me; 1.0)}

Explizite Rechnung für Audi und Inrome:

$m_{SCHNELL}$(Audi) = 0.6

$m_{VORKOMMEN}$(Audi) = 0.5

$m_{SCHNELL\_UND\_VORKOMMEN}$ (Audi)

= max {$m_{SCHNELL}$(Audi); $m_{VORKOMMEN}$(Audi)}

= max {0.6; 0.5}

= 0.6

$m_{SCHNELL}$(Inrome) = 0.0

m_{SELTEN}(Inrome) = 1.0

$m_{SCHNELL\_ODER\_SELTEN}$ (Inrome) = max {$m_{SCHNELL}$(Inrome); m_{SELTEN}(Inrome)}

= max {0.0; 1.0}

= 1.0

c) SCHNELL_UND_SELTEN =
{(Audi; 0.5), (Mercedes; 0.3), (BMW; 0.4), (Porsche; 0.8), (Bugatti; 0.9), (Inrome; 0.0)}

Explizite Rechnung für BMW und Inrome:
$m_{SCHNELL}$(BMW) = 0.8
m_{SELTEN}(BMW) = 0.4
$m_{SCHNELL\_UND\_SELTEN}$ (BMW)
= min {$m_{SCHNELL}$(BMW); m_{SELTEN}(BMW)}
= min {0.8; 0.4}
= 0.4
$m_{SCHNELL}$(Inrome) = 0.0
m_{SELTEN}(Inrome) = 1.0
$m_{SCHNELL\_UND\_SELTEN}$ (Inrome)
= min {$m_{SCHNELL}$(Inrome); m_{SELTEN}(Inrome)}
= min {0.0; 1.0}

d) NICHT_SELTEN =
{(Audi; 0.5), (Mercedes; 0.7), (BMW; 0.6), (Porsche; 0.2), (Bugatti; 0.1), (Inrome; 0)}

Explizite Rechnung für Bugatti und Inrome:
m_{SELTEN}(Bugatti) = 0.9
m_{NICHT_SELTEN}(Bugatti)
= 1 - m_{SELTEN}(Bugatti)
= 1 - 0.9
= 0.1
m_{SELTEN}(Inrome) = 1
m_{NICHT_SELTEN}(Inrome)
= 1 - m_{SELTEN}(Inrome)
= 1 – 1
= 0

Lösung 20

Zuerst werden die Polygonsegmente bzw. die Punkte bestimmt. Es gibt vier Segmente und damit fünf Punkte:

P_1 = (10, 0.0)

P_4 = (50, 0.8)

P_2 = (30, 0.3)

P_5 = (60, 0.0)

P_3 = (40, 0.2)

Somit ergibt sich für x_S folgende Berechnung:

$$x_S = \frac{20 \times [(60+10) \times 0.3 + (20+30) \times 0.0]}{3 \times (20 \times 0.3}$$

$$\frac{+\,10 \times [(80+30) \times 0.2 + (60+40) \times 0.3]}{+\,10 \times 0.5}$$

$$\frac{+\,10 \times [(100+40) \times 0.8 + (80+50) \times 0.2]}{+\,10 \times 1.0}$$

$$\frac{+\,10 \times [(120+50) \times 0.0 + (100+60) \times 0.8]}{+\,10 \times 0.8)}$$

$$= \frac{20 \times [21+0] + 10 \times [22+30]}{3 \times}$$

$$\frac{+\,10 \times [112+26] + 10 \times [0.0+128]}{(6+5+10+8)}$$

$$= \frac{420 + 520 + 1380 + 1280}{3 \times 29}$$

$$= \frac{3600}{87}$$

$$\approx \underline{\underline{41.3}}$$