

Automatische Ballerkennung

Manuel Zimmermann

8. Juli 2008

- 1 Vorbereitungen
 - Ziel der Ballerkennung
 - Mögliche Lösungswege
- 2 Kamera
 - Vorüberlegungen
 - Eigener Algorithmus
 - Graphische Darstellung
- 3 Vergleich

- Zu ermittelnde Informationen:
 - 1 Ballmittelpunkt
 - 2 Richtungsvektor
 - 3 Geschwindigkeitsvektor
- Richtungs- und Geschwindigkeitsvektor können aus mehreren, aufeinanderfolgenden Ballkoordinaten ermittelt werden
- Die ermittelten Koordinaten so schnell wie möglich liefern
- So viele Koordinaten wie möglich pro Sekunde liefern

- **Hochgeschwindigkeitskamera**
MC1302 der Firma Mikrotron (sw)
- **Lichtgitter**
FCDM082 der Firma Baumer (0,25cm Abstand)
- **Wiimote**
Fernbedienung der Spielekonsole Wii (Infrarotkamera)

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps
- Von wo wird das Bild aufgenommen?
Von unten, Störung von oben durch Figuren und Spieler

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps
- Von wo wird das Bild aufgenommen?
Von unten, Störung von oben durch Figuren und Spieler
- Wie weit muss die Kamera entfernt sein?
2m bei 12.5mm Brennweite

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps
- Von wo wird das Bild aufgenommen?
Von unten, Störung von oben durch Figuren und Spieler
- Wie weit muss die Kamera entfernt sein?
2m bei 12.5mm Brennweite
- Wie stark muss belichtet werden?
Abhängig von Exposure Time

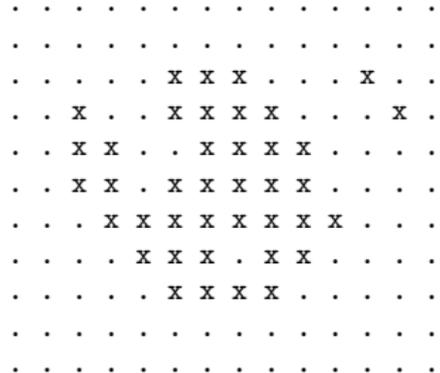
- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps
- Von wo wird das Bild aufgenommen?
Von unten, Störung von oben durch Figuren und Spieler
- Wie weit muss die Kamera entfernt sein?
2m bei 12.5mm Brennweite
- Wie stark muss belichtet werden?
Abhängig von Exposure Time
- Maximale Ballgeschwindigkeit?
6 m/sec

- Sinnvolle Kameraauflösung?
640 x 480 px (bzw. genauer 640 x 368 px)
- Welche Bildwiederholrate (fps)?
100 fps
- Von wo wird das Bild aufgenommen?
Von unten, Störung von oben durch Figuren und Spieler
- Wie weit muss die Kamera entfernt sein?
2m bei 12.5mm Brennweite
- Wie stark muss belichtet werden?
Abhängig von Exposure Time
- Maximale Ballgeschwindigkeit?
6 m/sec
- Wie lange dauert die Auswertung eines Bildes?
 $1/600 \text{ sec} = 1,7 \text{ msec}$

- Größe des Spielfelds: $120 \times 69 \text{ cm}$
- Auflösung: $640 \times 368 \text{ px}$
- $\rightarrow 5,33 \frac{\text{px}}{\text{cm}}$
- Durchmesser des Spielballs: 34 mm
- $\rightarrow A_{\text{Ball}} = r^2 \cdot \pi = (1,7 \text{ cm})^2 \cdot \pi = (9)^2 \text{ px} \cdot \pi = 258 \text{ px}$
- Max Ballbewegung in einem Bild: $v_{\text{max}} = \frac{6 \text{ m}}{\text{sec}}, \text{exp.time} = \frac{1}{206} \text{ sec}$
- $\frac{6 \text{ m}}{\text{sec}} \cdot \frac{1}{206} \text{ sec} = 2,9 \text{ cm}$
- $\rightarrow 2,9 \text{ cm} \cdot 5,33 \frac{\text{px}}{\text{cm}} = 15 \text{ px}$ (vgl. Balldurchmesser: 18 px)

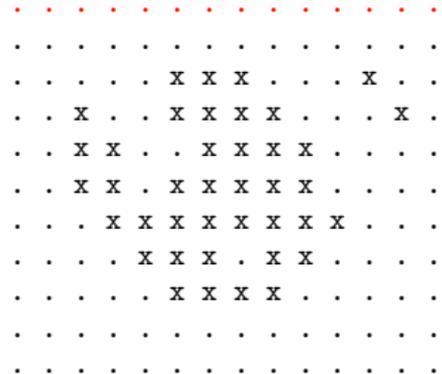
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert



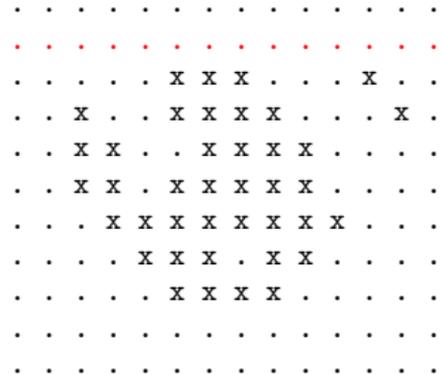
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



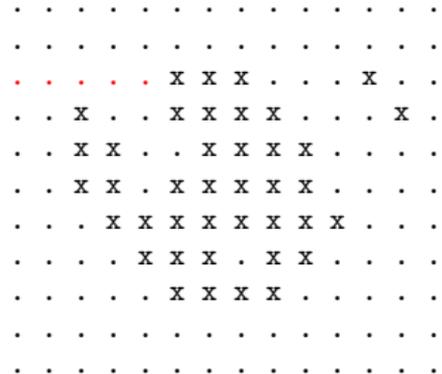
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



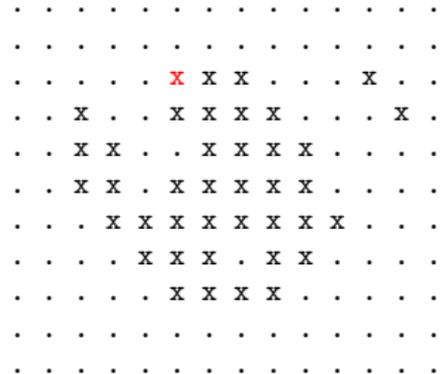
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



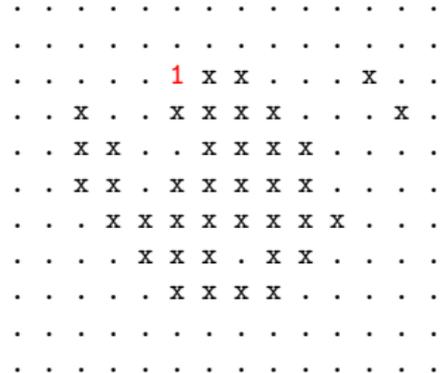
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



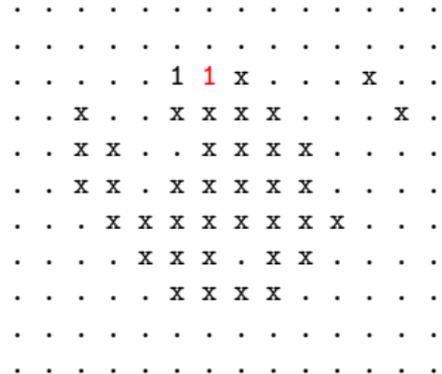
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



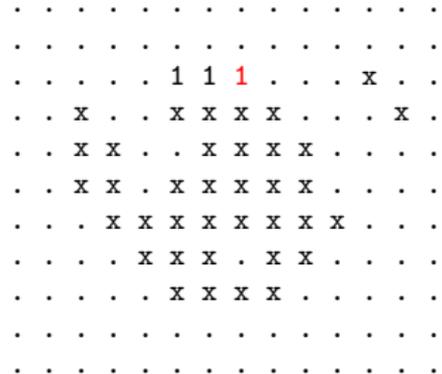
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



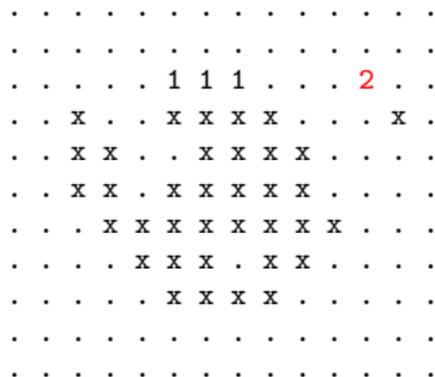
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



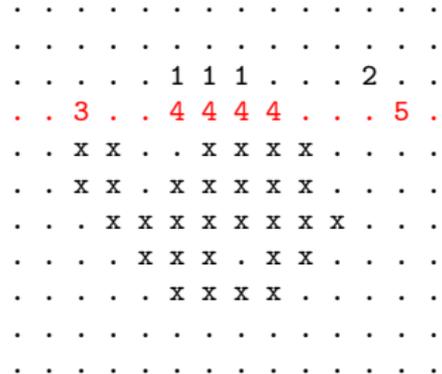
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



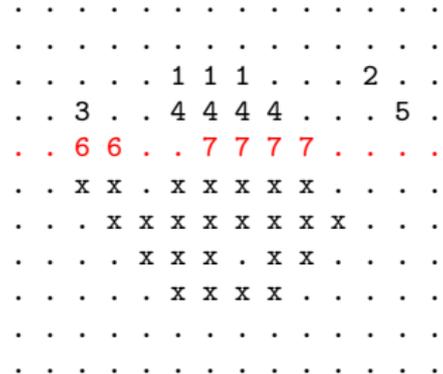
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



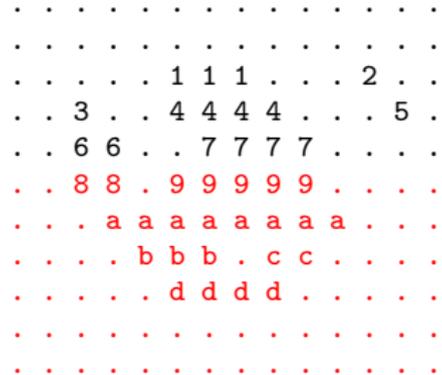
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- **Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen**



Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

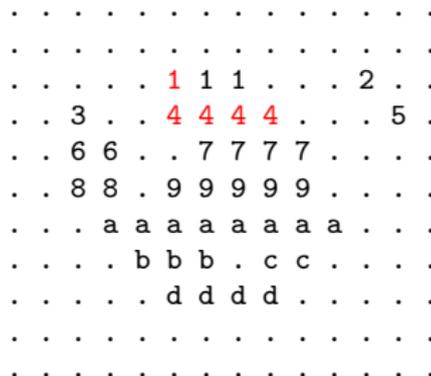
```

. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 4 4 4 4 . . . 5 .
. . 6 6 . . 7 7 7 7 . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . .
. . . . . d d d d . . .
. . . . .
. . . . .
    
```


ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

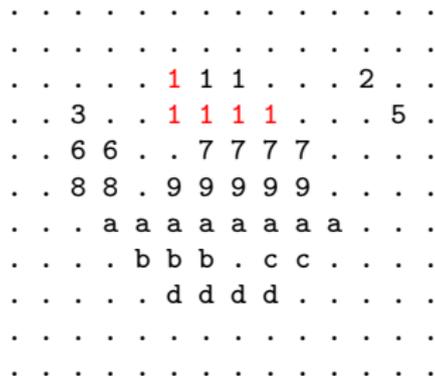
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 6 6 . . 7 7 7 7 . . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . . .
. . . a a a a a a a . . . .
. . . . b b b . c c . . . .
. . . . . d d d d . . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

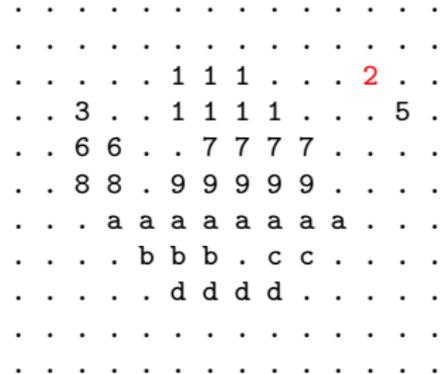
```

. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 6 6 . . 7 7 7 7 . . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . . .
. . . a a a a a a a . . . .
. . . . b b b . c c . . . .
. . . . . d d d d . . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 6 6 . . 7 7 7 7 . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . .
. . . . . d d d d . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 6 6 . . 7 7 7 7 . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . .
. . . . . d d d d . . .
. . . . .
. . . . .
    
```


ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 . . . 5 .
. . 3 3 . . 7 7 7 7 . . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . . .
. . . . . d d d d . . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 . . . 5 .
. . 3 3 . . 1 1 1 1 . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . .
. . . . . d d d d . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 3 3 . . 1 1 1 1 . . . .
. . 8 8 . 9 9 9 9 9 . . . .
. . . a a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . . .
. . . . . d d d d . . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

```

. . . . .
. . . . .
. . . . . 1 1 1 . . . 2 . .
. . 3 . . 1 1 1 1 . . . 5 .
. . 3 3 . . 1 1 1 1 . . . .
. . 3 3 . 1 1 1 1 1 . . . .
. . . a a a a a a a . . .
. . . . b b b . c c . . .
. . . . . d d d d . . . .
. . . . .
. . . . .
    
```

ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

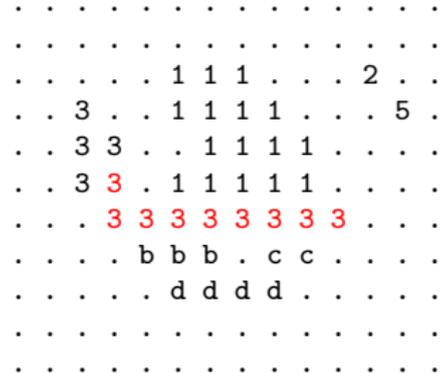
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



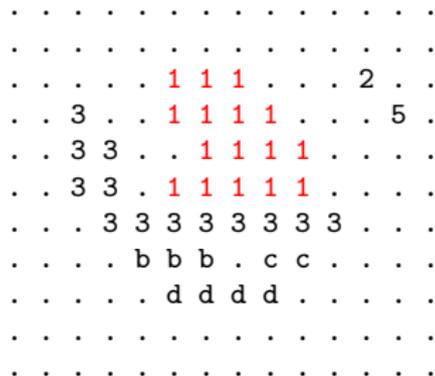
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**

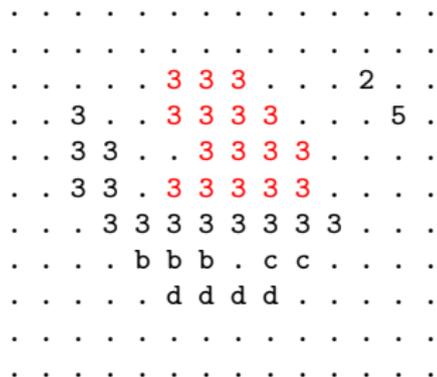


Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



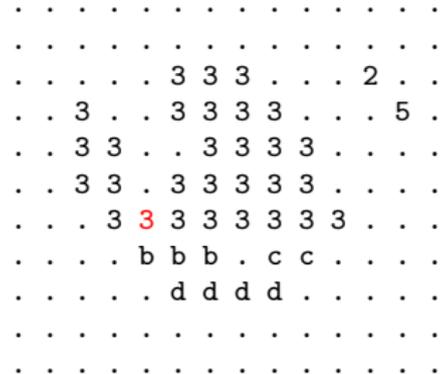
- ### Algorithmus
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
 - Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
 - **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

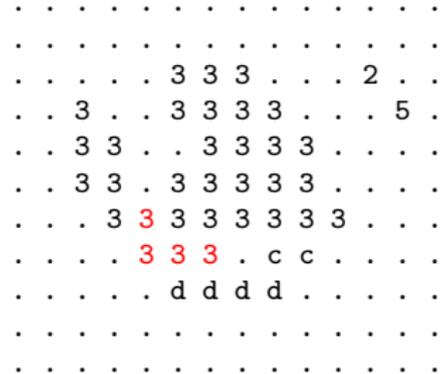
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

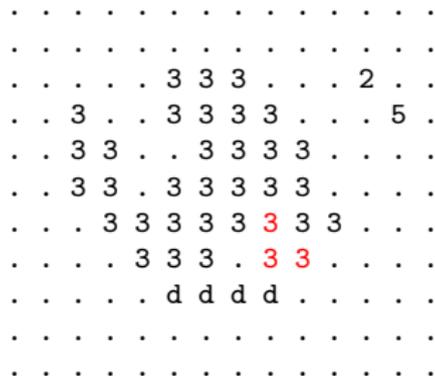
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

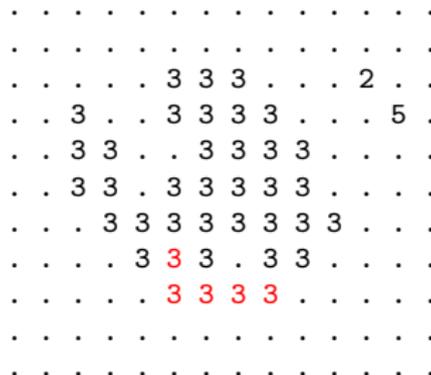
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

Algorithmus

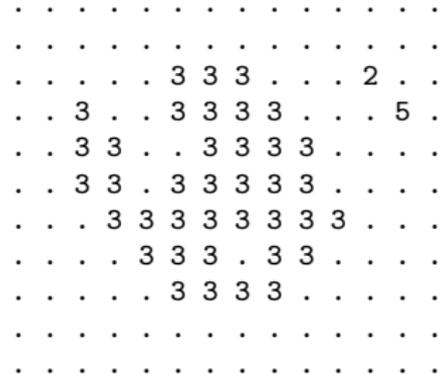
- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- **Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden**



ZEILENGRUPPEN VERTIKAL MITEINANDER VERBINDEN

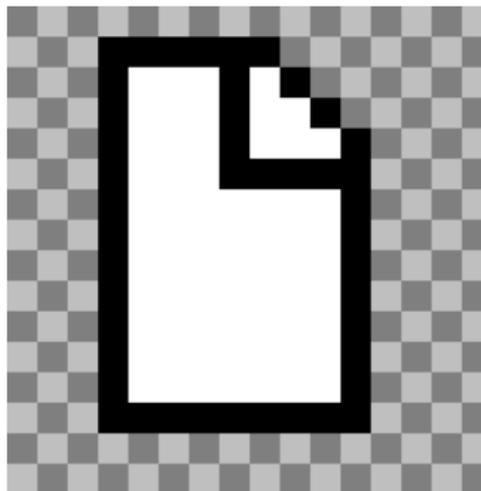
Algorithmus

- Jedes Pixel prüfen, ob über (aktiv = 'x') oder unter (passiv = '.') dem Schwellwert
- Aktive Pixel in Zeilengruppen zusammenfassen
- Zeilengruppen vertikal miteinander verbinden



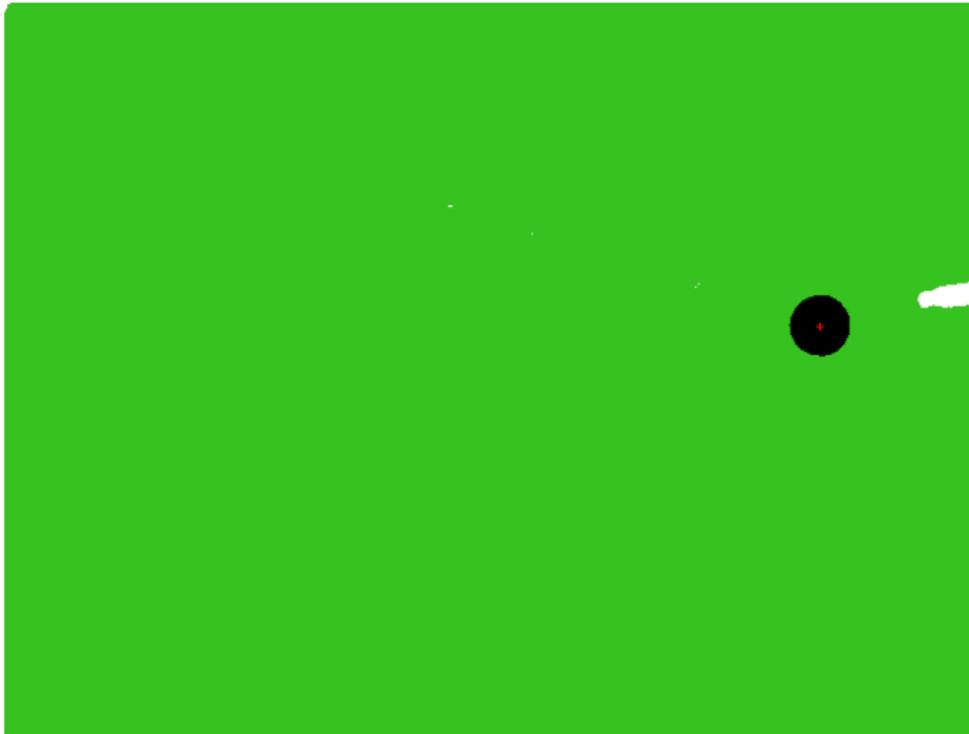
GRUPPEN MIT XPM GRAPHISCH DARSTELLEN

```
/* XPM */
static const char * xpm_data[] = {
"16 16 3 1",
"      c None",
".      c #00000000000000",
"X      c #FFFFFFFFFFFF",
"      ",
"      . . . . .",
"      .XXX.X.",
"      .XXX.XX.",
"      .XXX.XXX.",
"      .XXX.....",
"      .XXXXXXXX.",
"      . . . . .",
"      ",
"      "};
```



ORIGINALBILD





MESSREIHEN KAMERA VS. LICHTGITTER

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Kamera						Sourcecode						Lichtschranke (Abstand je 2,5mm)							
2	Pic-Nr.	Time [msec]	Delta [msec]	RMS [msec]	CGRAYV [pixel]	CGRAYV [pixel]	Pic-Nr.	RMS [msec]	CGRAYV [pixel]	CGRAYV [pixel]	t[sec]/100	Mess-Nr.	Time [msec]	Delta [msec]	Anz. Unterbr.	Unterbr. Lichtschranken	erste unterbr. Lichtschranke			
3	20	187	0	0	600,91	197,01	20	0	600	198	0,28	9	156	0	6	0x0006	244	0x0244		
4	21	203	16	10	585,4	200,89	21	10	585	202	0,3	10	172	16	7	0x0007	238	0x0238		
5	22	218	31	19	569,61	204,52	22	19	569	206	0,33	11	188	32	6	0x0006	232	0x0232		
6	23	218	31	29	553,49	208,17	23	29	553	209	0,31	12	203	47	7	0x0007	222	0x0222		
7	24	234	47	39	538,37	211,73	24	39	538	213	0,32	13	219	63	6	0x0006	214	0x0214		
8	25	234	47	49	523,71	215,15	25	49	523	216	0,29	14	235	79	7	0x0007	207	0x0207		
9	26	250	63	58	509,14	218,52	26	58	508	219	0,29	15	250	94	6	0x0006	199	0x0199		
10	27	265	78	68	495,12	221,8	27	68	494	223	0,29	16	266	110	6	0x0006	193	0x0193		
11	28	265	78	78	481,37	224,92	28	78	481	226	0,29	17	281	125	5	0x0005	186	0x0186		
12	29	281	94	88	468,13	228,11	29	88	467	229	0,28	18	297	141	6	0x0006	179	0x0179		
13	30	296	109	97	454,99	231,13	30	97	454	232	0,29	19	313	157	7	0x0007	171	0x0171		
14	31	296	109	107	442,13	233,99	31	107	441	235	0,29	20	328	172	7	0x0007	165	0x0165		
15	32	312	125	117	429,4	236,89	32	117	429	238	0,28	21	344	188	5	0x0005	158	0x0158		
16	33	312	125	127	416,57	239,8	33	127	416	241	0,26	22	360	204	7	0x0007	150	0x0150		
17	34	328	141	136	403,83	242,67	34	136	403	244	0,24	23	375	219	8	0x0008	143	0x0143		
18	35	343	156	146	391	245,69	35	146	390	247	0,25	24	391	235	7	0x0007	138	0x0138		
19	36	343	156	156	378,38	248,6	36	156	378	250	0,23	25	406	250	8	0x0008	131	0x0131		
20	37	359	172	165	365,56	251,53	37	165	365	252	0,24	26	422	266	7	0x0007	123	0x0123		
21	38	375	188	175	352,78	254,41	38	175	352	255	0,25	27	438	282	7	0x0007	117	0x0117		
22	39	375	188	185	340,08	257,35	39	185	339	258	0,25	28	453	297	7	0x0007	111	0x0111		
23	40	390	203	195	327,29	260,2	40	195	327	261	0,24	29	469	313	7	0x0007	102	0x0102		
24	41	390	203	204	314,49	263,1	41	204	314	264	0,25	30	485	329	7	0x0007	96	0x0096		
25	42	406	219	214	301,74	266,02	42	214	301	267	0,25	31	500	344	4	0x0004	90	0x0090		
26	43	421	234	224	288,92	268,92	43	224	288	270	0,25	32	516	360	7	0x0007	81	0x0081		
27	44	421	234	234	276,21	271,85	44	234	275	273	0,25	33	531	375	7	0x0007	75	0x0075		
28	45	437	250	243	263,53	274,76	45	243	263	276	0,25	34	547	391	7	0x0007	69	0x0069		
29	46	453	266	253	250,75	277,72	46	253	250	279	0,25	35	563	407	7	0x0007	63	0x0063		
30	47	453	266	263	238,04	280,62	47	263	237	282	0,25	36	578	422	7	0x0007	57	0x0057		

AUSWERTUNG KAMERA VS. LICHTGITTER

