

Bild 1

Erste Versuche wurden auf dem Bild durchgeführt, welches während der Besprechung am 18.11.2010 (Dr. Neumann, Mewes, Foertsch) als Diskussionsgrundlage diente (siehe Fig. 1).

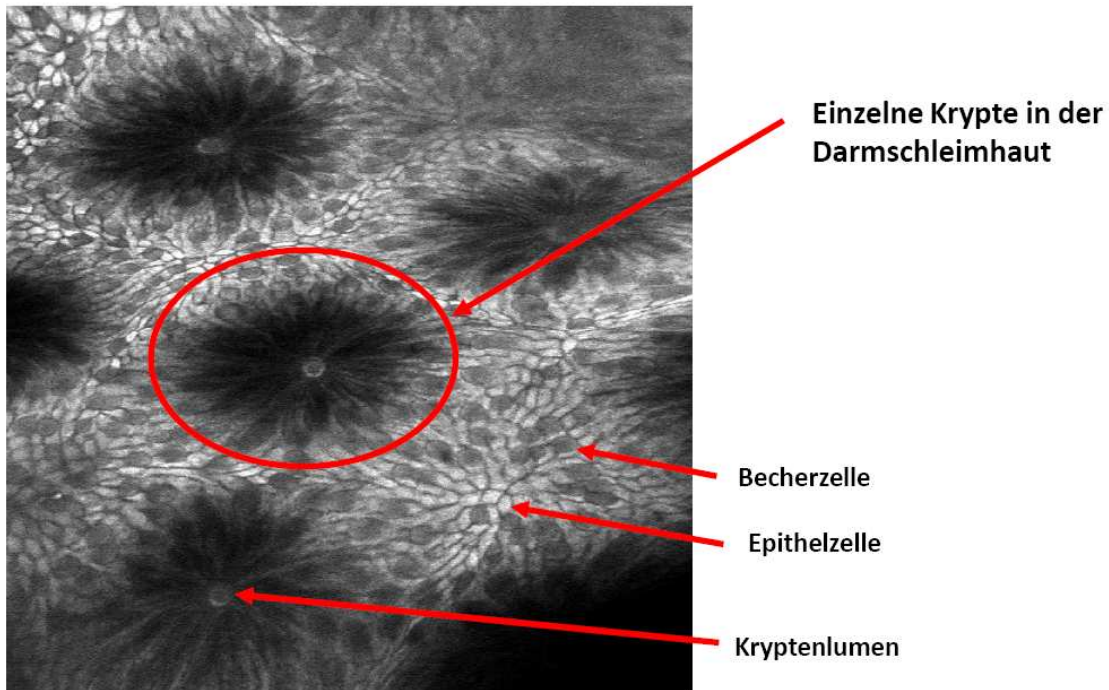


Fig. 1: Typisches Endomikroskopie-Bild

Ausgehen von diesem Bild wurden folgende Zielsetzungen festgelegt, die durch bildverarbeitenden Algorithmen gelöst werden sollen:

- Autom. Erkennung von Krypten (Anzahl)
- Autom. Erkennung von Kryptenlumen (Lokalisierung)
- Autom. Ermittlung der Anteile Epithelzellen / Becherzellen (%)

Erkennung von Krypten und Kryptenlumen

Augenscheinlich befinden sich auf Fig. 1 sechs (6) Krypten, ein dunkler Bereich (rechts-unten, Herkunft/Bedeutung unbekannt) und ein stark verrauschter Bereich (rechts-oben, Bewegungs-/Atmungsartefakte?). Zu Erkennung der Krypten wurde ein Mittelwertfilter angewandt, der die Intensitäten des Bildes in Sub-Bereichen vornimmt (Fig.2).

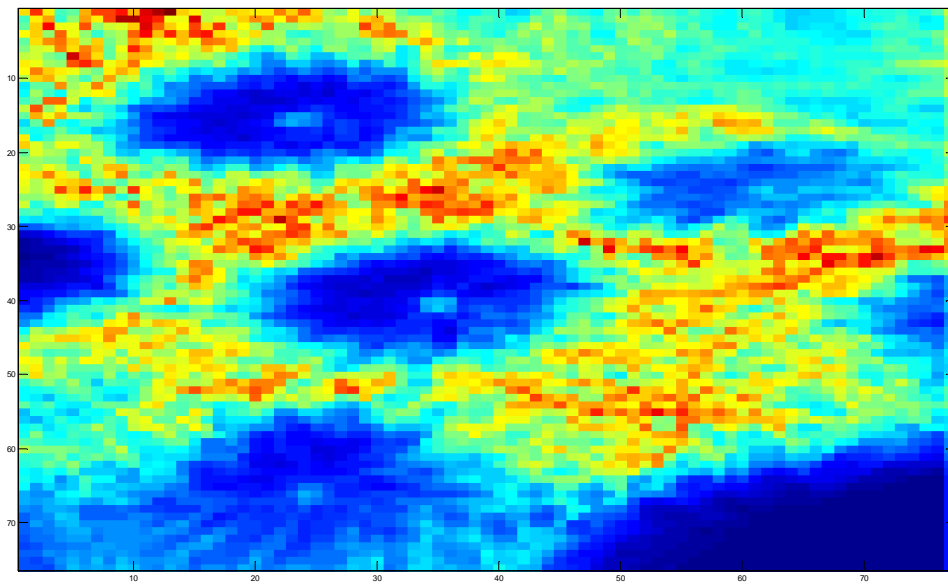


Fig.2: Bild nach Median-Filterung

Ausgehen von Fig. 2 wurde ein Schwellwertverfahren durchgeführt um die Bereich der Epithelzellen/Becherzellen von allen anderen Bereich abzugrenzen (siehe Fig. 3)



Fig.3: Filterergebniss nach Anwendung eines Schwellwertverfahrens

Wiederum ausgehend von dem Ergebnis des Schwellwertverfahrens wird die Anzahl der Kryptenlumen automatisch ermittelt ($K \gg \text{kry_kum} = 3$). Es kann daher zunächst festgestellt werden, dass sich mindestens 3 komplett sichtbare Krypten auf dem Bild befinden. Um weitere Regionen untersuchen zu können wird eine s.g. adjacency matrix Suche erstellt, die benachbarte Pixel zusammen fasst (Siehe Fig.4).

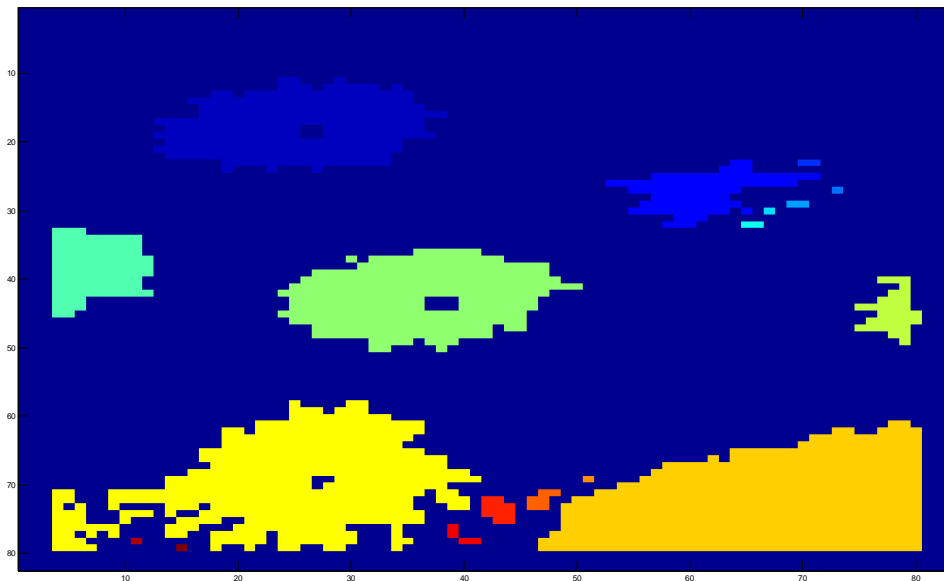


Fig. 4: Unterschiedliche Farben stellen jeweils einen zusammenhängende Region dar

Über diese Suche wurden 18 unabhängige Regionen gefunden. Über ein weiteres Schwellwertverfahren wurden kleine Regionen (verursacht durch inkorrekte Klassifikation einzelner Pixel und Bildrauschen) eliminiert. Dies passiert unter der Annahme das Krypten auf Endomikroskopiebildern eine gewissen Größe aufweisen. Das führt letztlich zu Fig.5. Dort sind nun noch sieben Regionen identifiziert worden. Verursacht durch die vorangegangenen Schwellwertverfahren und Filter sind einige Pixel falsch klassifiziert. Es ist daher naheliegen dies durch einen morphologischen Operator zu „reparieren“. Das Ergebnis ist in Fig. 6 sichtbar. Die Auswertung der Seitenverhältnisse (Verhältnis zwischen maximaler horizontaler und vertikaler Ausdehnung) lässt außerdem Rückschlüsse zu, dass es sich bei den Objekten 1,2 und 3 ebenfalls um Krypten handelt, während das Objekt 4 durch seine langgezogene Form nicht auf eine Krypten schließen lässt. Die Objekte 5,6 und 7 wurden bereits durch das Vorhandensein eines Kryptenlumens als Krypten identifiziert. In einem letzten Schritt sollten noch die Bereich auf dem Bild identifiziert werden, bei denen ein starkes Verrauschen vorliegt (hier: rechts-oben). Dazu kann das Bild mit einem geeigneten Filter gefaltet werden oder mit einem s.g. linear binary pattern - kernel die Texturen untersucht werden (TO DO). Versuche zur Filterung sind in Fig.7 sichtbar. Dort ist bereits zu erkennen, dass verrauschte Bereiche weniger starke Ausschläge der Filter-Amplitude hervorrufen. Die Auswertung ist noch nicht abgeschlossen.

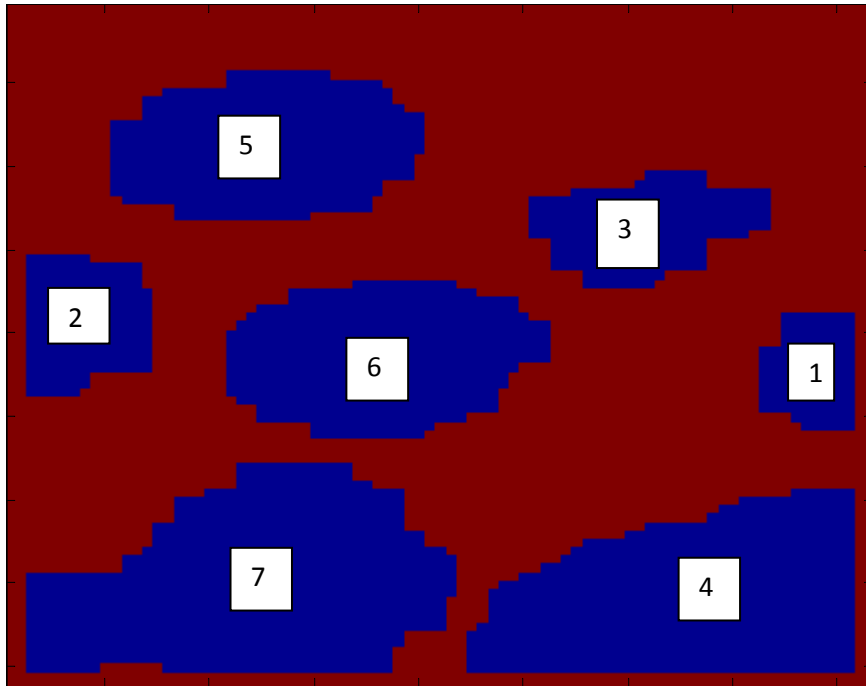


Fig.6: Nach Anwendung einen morphologischen Operators



Fig.5: Bleibende Strukturen nach Elimination von Klein-Regionen (Outlayers)

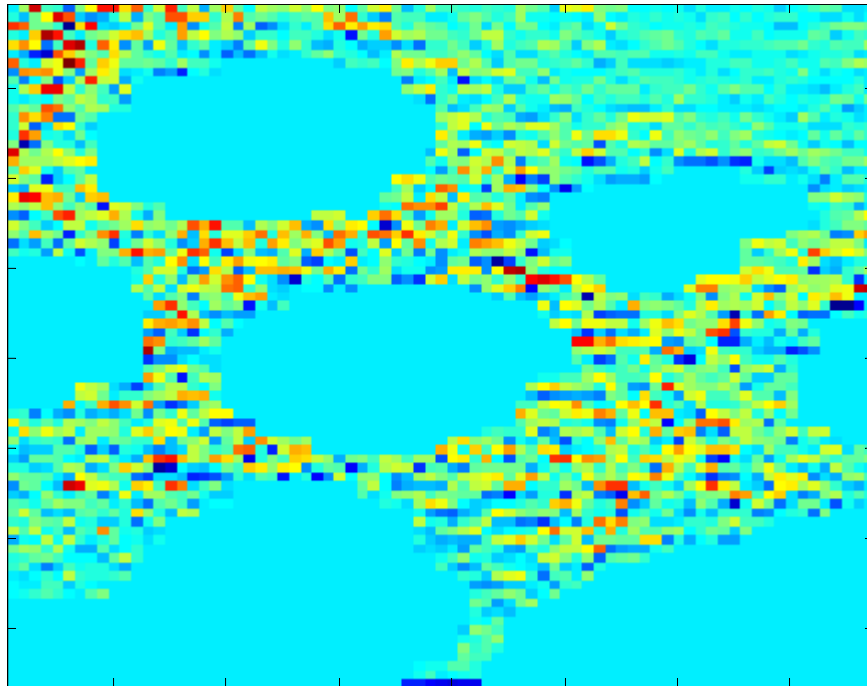


Fig. 7 Filter Amplitude zur Erkennung von „blurred Bereichen“

Anteile Epithelzellen / Becherzellen (%)

Wir gehen in der Folge davon aus, dass die Zählung von Becherzellen und Epithelzellen und die Berechnung des zahlenmäßigen Verhältnisses (für quantitative Rückschlüsse) sich nur auf die Bereiche beschränkt in der weder vom Vorhandensein einer Krypte, eines verrauschten Bildbereiches noch von anderen nicht näher identifizierbaren Bereichen ausgegangen wird. Weiterhin gehen wir davon aus, dass es dem Benutzer zumutbar ist auf einen Serien von Schnittbildern (~40) zumindest auf einem dieser Schnittbilder eine oder mehrere Becherzellen und Epithelzellen zu markieren (siehe Fig.8). Die Berechnung auf allen anderen Schichtbildern soll dann automatisch erfolgen. Dieser halb-automatische Ansatz erleichtert in der Anfangsphase der Entwicklung den Umgang mit Bildern verschiedener Qualität und Güte.

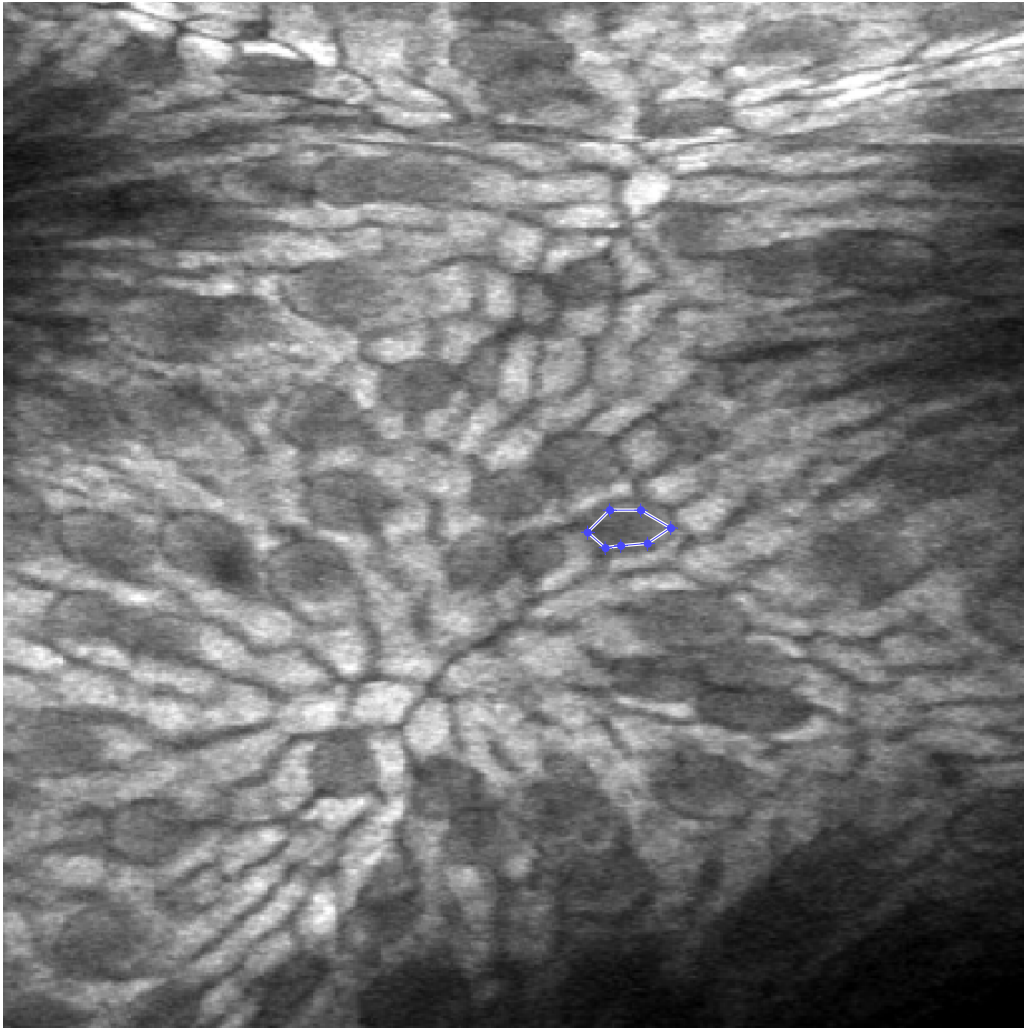


Fig. 8 Bild (Ausschnitt) mit Hand-markierte Becherzelle

Im Folgenden wird diese a priori Information zur Berechnung der Anteile von Becherzellen und Epithelzellen benutzt. Die Becherzellen befinden sich in einem Intensitätsbereich von 78-145 (innerhalb der Graustufen-Intervalls von 0..255) während sich das Histogramm des Gesamtbildes über das gesamte Spektrum erstreckt.

Durch verschiedenen Schwellwert und Filtermethoden kann nun der Anteil von Becherzellen für den Bereich des Bildes berechnet werden. Dieser wurden bei dem vorliegenden Bild mit ~35 % errechnet. Darüber hinaus lässt sich eine grobe Segmentierung der Becherzellen vornehmen. Eine genaue Zählung ist momentan noch nicht möglich (TO DO).

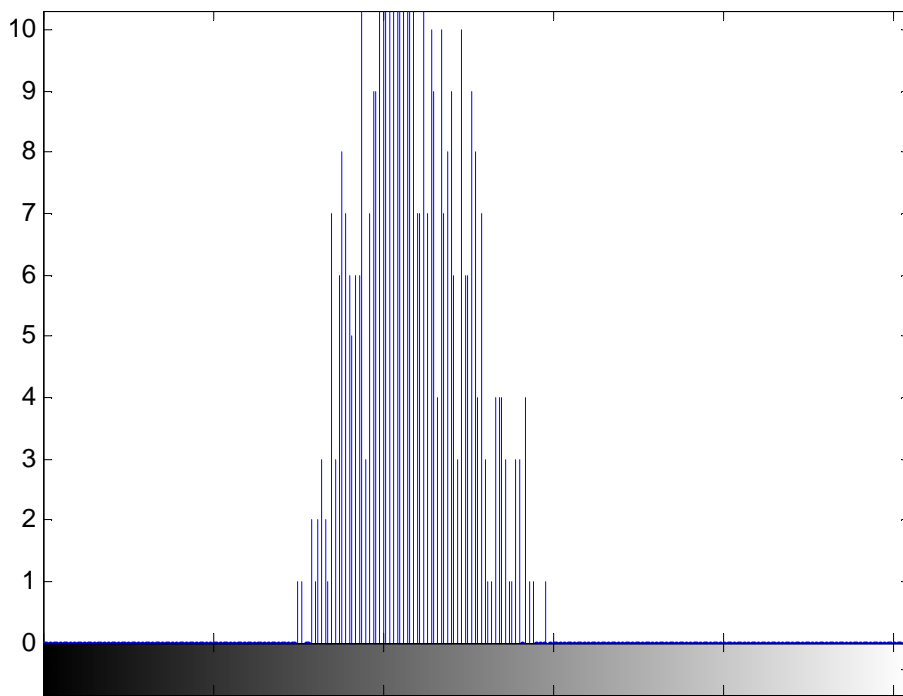


Fig.9 Histogramm mehrere Hand-markierte Becherzellen

Fazit

Aus dem vorliegenden Bild (Fig .1) lässt sich nach bisherigem Stand der Dinge alle drei Anforderungen voll bzw. teilweise erfüllen. Zahlreiche Verbesserungen und Erweiterungen am Code sind möglich und nötig. Es ist davon auszugehen, dass der vorliegenden Code mit wenigen Erweiterungen auch auf einer Serie von Bildern mit ähnlichen Eigenschaften funktioniert.

Folgende Erweiterungen sind denkbar:

- Zählung möglicher Becherzellen auch im Bereich der Krypten
- Genaue Segmentierung und Zählung der Becherzellen
- Eliminierung von Rauschbereichen durch geeignete Filter

Bild 2

Eine zweite Bildserie wurde von Herr Dr. Neumann am 21.11.2010 zur Verfügung gestellt (Beispiel siehe Fig.11)

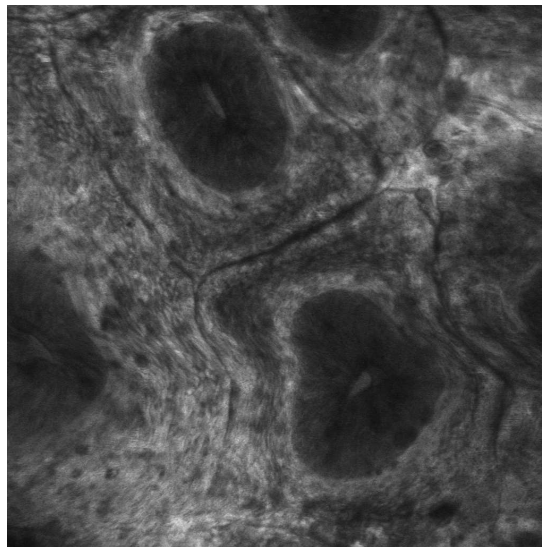
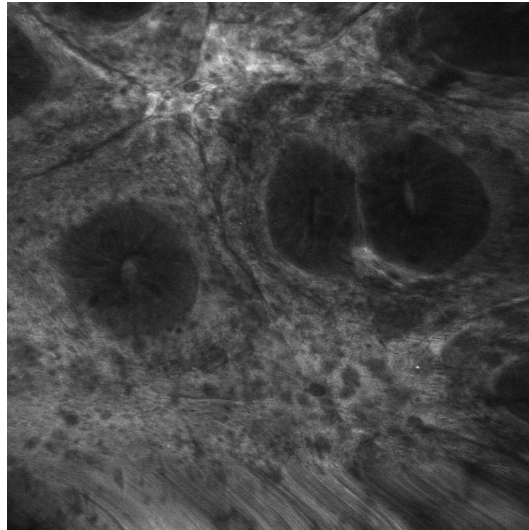


Fig.11: Zwei Beispielbilder aus der Bildserie vom 21.11.2010 (Serie a)

Aus „Bildverarbeitersicht“ unterscheiden sich diese Bilder im nicht unerheblichen Maße vom Bild Fig.1. Zwar lassen sich durch geringfügige Anpassungen des bisherigen Codes die Erkennung von Krypten und deren Lumen ebenfalls erreichen (Siehe Fig.12, berechnet aus Fig. 11(unten)), bei der Ermittlung des Verhältnisses zwischen Becherzellen und Epithelzellen ist für den Nicht-Mediziner zunächst nicht eindeutig feststellbar, welche Zelltypen vorliegen. Durch fehlenden ground-truth kann dieser Arbeitsschritt daher noch nicht begonnen werden. Insgesamt erscheint der Gewebe Anteil der Bilder stärker verrauscht, was eine Identifizierung oder gar Zählung von Becherzellen vermutlich erschweren wird.

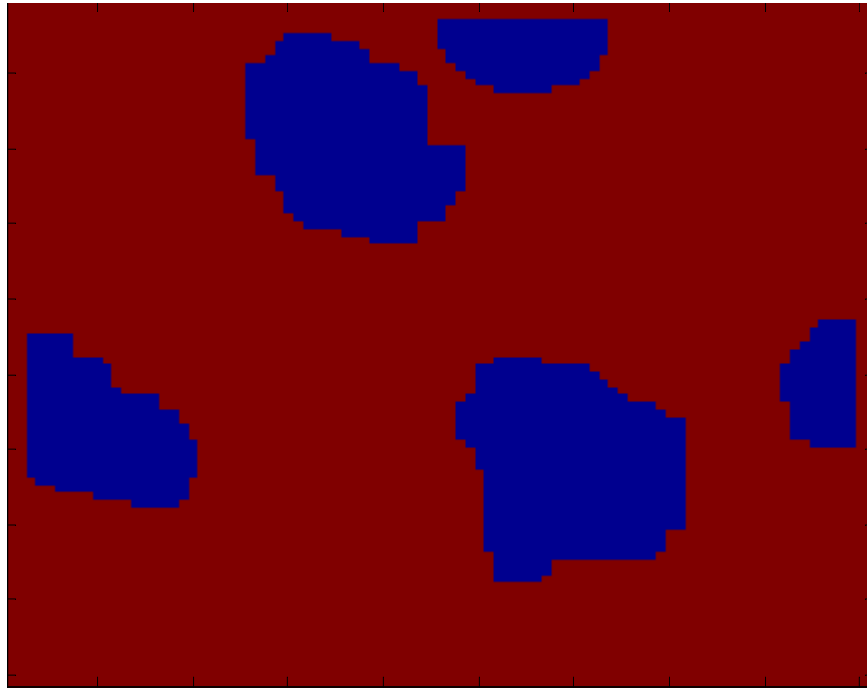


Fig.12 Lokalisierung der Krypten

Fazit Gesamt

Es sollte in den nächsten Tagen ein einzelner, möglichst kohärenter Datensatz festgelegt werden auf dem die konzeptuellen Arbeiten zur Erreichung eines Machbarkeitsstatus bis zur ddw deadline erarbeitet wird. Idealerweise liegt dafür ein Datensatz ähnlich dem Bild Fig. 1 vor. 10-15 Bilder halte ich dafür für ausreichend. Sollte sich das Aussehen der Datensätze eher zu dem Erscheinungsbild verlagern welches der Bildserie vom 21.11.2010 entspricht, so benötigen wir weitere Expertise einen Mediziners, um den Schritte der Becherzellenermittlung ebenfalls programmieren zu können. Der Erfolg ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorhersehbar. Bilder vom Typ Fig.1 erscheinen mir zum jetzigen Zeitpunkt und angesichts der knappen deadline für praktikabler.