



# EPFL education robot

Pflichtenheft

SEP - ITS - Team

Max Binder, Florian Büchner, Martin Freund,  
Florian Lorenz, Andreas Poxrucker, Andreas Wilhelm

12. Oktober 2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielbestimmung</b>	<b>3</b>
1.1 Musskriterien . . . . .	3
1.2 Wunschkriterien . . . . .	4
1.3 Abgrenzungskriterien . . . . .	5
<b>2 Produkteinsatz</b>	<b>5</b>
2.1 Anwendungsbereiche . . . . .	5
2.2 Zielgruppen . . . . .	5
2.3 Betriebsbedingungen . . . . .	5
<b>3 Produktumgebung</b>	<b>6</b>
3.1 Software . . . . .	6
3.2 Hardware . . . . .	6
3.3 Orgware . . . . .	6
<b>4 Produktfunktionen</b>	<b>6</b>
4.1 e-puck Roboter . . . . .	6
4.1.1 Netzwerkfunktionen . . . . .	6
4.1.2 Bewegungsfunktionen . . . . .	7
4.1.3 Erkundungsfunktionen . . . . .	7
4.2 Smartphone . . . . .	8
4.2.1 Netzwerkfunktionen . . . . .	8
4.2.2 Steuerungsfunktionen . . . . .	8
4.2.3 Grafische Benutzeroberfläche . . . . .	8
<b>5 Produktdaten</b>	<b>9</b>
<b>6 Produktleistungen</b>	<b>9</b>
<b>7 Benutzungsoberfläche</b>	<b>9</b>
7.1 Dialogstruktur . . . . .	9
7.2 Frame ‘Karte’ . . . . .	9
7.3 Frame ‘Steuerung’ . . . . .	10
7.4 Frame ‘Statistik’ . . . . .	10
<b>8 Qualitätsbestimmungen</b>	<b>10</b>
8.1 e-puck . . . . .	10
8.2 Smartphone . . . . .	10
<b>9 Globale Testszenarien und Testfälle</b>	<b>11</b>
<b>10 Ergänzungen</b>	<b>11</b>

## 1 Zielbestimmung

Das Ziel des Projekts ist die automatische Erkundung eines unbekannten, rechtwinkligen Spielfelds durch bis zu sechs e-pucks. Die Erkundung soll durch Zusammenarbeit der Roboter möglichst effizient erfolgen.

Das bereits erkundete Gebiet sowie die aktuellen Positionen der e-pucks werden kontinuierlich auf einem Andorid Smartphone dargestellt.

Außerdem kann mit dem Smartphone einer der teilnehmenden e-puck Roboter ausgewählt und halbmanuell gesteuert werden.

### 1.1 Musskriterien

- e-puck Roboter
  - Variable Anzahl von Robotern  
*Die Erkundung der Spielfläche kann durch bis zu sechs e-puck Roboter erfolgen.*
  - Kommunikation über ein Bluetooth-Netzwerk  
*Die Kommunikation der e-pucks untereinander erfolgt über ein Bluetooth-Netzwerk. Dieses wird von den e-pucks selbstständig aufgebaut.*
  - Erkundung einer unbekannten rechtwinkligen Fläche ausgehend von fest definierten Startpositionen  
*Das Spielfeld besteht aus quadratischen Feldern. Diese sind rasterförmig und zusammenhängend angeordnet. Die Felder sind mindestens so groß, dass ein im Zentrum des Quadrats stehender e-puck vollständig in das Innere des Feldes passt. Die Startpositionen der e-puck Roboter sind fest vordefiniert.*
  - Fortbewegung auf den Kanten der Quadrate  
*Die Linien des Spielfeldes müssen schwarz mit ausreichendem Kontrastverhältnis zum Untergrund sein. Zwingend erforderlich ist, dass die Breite der Linien innerhalb der Spezifikation der Bodensensoren liegt.*
  - Vermeidung von Kollisionen  
*Während der Bewegung über das Spielfeld vermeiden die Roboter Kollisionen mit anderen Robotern.*
  - Gleichberechtigung der teilnehmenden Roboter  
*Alle Roboter der Gruppe haben den selben Aufgabenbereich. Es gibt keine zentrale Einheit zur Koordination und Synchronisation.*
  - Rückkehr zum Ausgangspunkt  
*Nach Abschluss des Erkundungsvorgangs kehren alle Roboter zu ihren jeweiligen Startpositionen zurück.*
- Smartphone
  - Kommunikation über Bluetooth  
*Die Verbindung und Kommunikation mit den Robotern erfolgt über die Bluetooth-Schnittstelle des Smartphones.*

- Visualisierung  
*Die bereits erkundeten Gebiete werden in einer benutzerfreundlichen Android-Anwendung übersichtlich dargestellt. Auf dieser Karte werden zusätzlich die aktuellen Positionen der e-pucks eingetragen.*
- Manuelle Regelung der Bewegungsgeschwindigkeit  
*Mit dem Smartphone kann die Geschwindigkeit der teilnehmenden, automatisch erkundenden e-pucks stufenweise eingestellt werden.*
- Manuelle Steuerung eines Roboters  
*Mit Hilfe der Anwendung kann einer der teilnehmenden e-pucks ausgewählt werden. Dieser lässt sich durch den Benutzer entlang der Kanten steuern. Es kann jeweils nur ein Roboter zur selben Zeit ausgewählt und gesteuert werden.*
- Zwei Steuerungsarten  
*Die manuelle Steuerung der Roboter erfolgt wahlweise über einen On-Screen-Joystick oder über den im Handy integrierten Beschleunigungssensor.*

## 1.2 Wunschkriterien

- e-puck Roboter
  - Kritische Bereiche  
*Auf dem Spielfeld gibt es Bereiche, in denen ein e-puck keine Nachrichten senden und empfangen darf. Diese Gebiete werden als ‘Kritische Bereiche’ bezeichnet und müssen während des Erkundungsvorgangs besonders berücksichtigt werden.*
  - Beliebige Startpositionen  
*Die Roboter können auf frei wählbaren Startpositionen innerhalb des Spielfeldes abgesetzt werden. Um dennoch Synchronisation zu erreichen ist ein erweiterter Lokalisierungsvorgang notwendig.*
  - Zustandsvisualisierung  
*Die e-pucks stellen ihren aktuellen Zustand, zum Beispiel ‘Erkundung läuft’ oder ‘Erkundung beendet’, mit Hilfe der ihnen zur Verfügung stehenden Mittel optisch dar.*
  - Einstellbarer Synchronisationsmodus  
*Wirklich sinnvoll?!*
- Smartphone
  - Anzeige von Statusinformationen  
*Mit Hilfe des Smartphones ist es möglich, Informationen über den aktuellen Status eines e-pucks übersichtlich anzuzeigen.*
  - Pfadanzeige von einzelnen Robotern  
*Das Smartphone bietet die Möglichkeit, den Pfad anzuzeigen, den jeder e-puck im Rahmen der Erkundung zurückgelegt hat.*
  - Exportfunktion für erkundete Karten  
*Teilweise und vollständig erkundete Karten können in geeigneter Weise exportiert und auf dem Smartphone abgespeichert werden.*
  - Internationalisierung  
*Die Anwendung ist in den Sprache Deutsch und Englisch verfügbar.*

### 1.3 Abgrenzungskriterien

- Keine Unterstützung für abweichende Spielfelder  
*Die Felder und zugehörigen Linien müssen den in den Musskriterien genannten Voraussetzungen genügen. Es sind zum Beispiel keine runden oder diagonalen Verbindungslinien erlaubt.*
- Keine Berücksichtigung von dynamischen Änderungen des Spielfeldes  
*Nachdem der Erkundungsvorgang gestartet wurde, dürfen keine Modifikationen am Spielfeld getätigt werden, welche Einfluss auf den Erkundungsalgorithmus zur Folge hätten. Insbesondere werden keine nachträglichen Änderungen an bereits erkundeten Gebieten berücksichtigt.*
- Unterstützung für maximal ein Smartphone  
*Es kann lediglich ein Smartphone zur Auswahl, Steuerung und Visualisierung verwendet werden.*

## 2 Produkteinsatz

### 2.1 Anwendungsbereiche

Das Projekt ist eine Forschungsarbeit in den Gebieten:

- Robotik
- Verteilte Systeme
- Künstliche Intelligenz

### 2.2 Zielgruppen

Zielgruppe des Projektes sind insbesondere:

- Studenten
- Forschungsgruppen in ähnlichen Bereichen
- e-puck Community

### 2.3 Betriebsbedingungen

- Ausreichende Stromversorgung  
*Die Akkuleistung der einzelnen Roboter und des Smartphones muss für die gesamte Dauer der Lokalisierung, Erkundung und Rückkehr in die Startpositionen ausreichend sein.*
- Geeignete Bedingungen für Funknetzwerke  
*Die Ausmaße des Spielfelds, die Abstände zwischen den e-pucks und zum Smartphone sowie Signale anderer Netze dürfen keine störenden Einflüsse auf die Bluetooth-Verbindungen haben.*

- Größe des Spielfeldes  
*Der integrierte Arbeitsspeicher des e-puck Roboter stellt eine Begrenzung des lokal speicherbaren Spielfeldes dar.*<sup>1</sup>
- Betriebsbedingungen der e-puck Roboter und des Smartphones  
*Die weiteren Betriebsbedingungen können dem Benutzerhandbuch entnommen werden.*
- Wartungsfrei  
*Das System bedarf keiner regelmäßigen Wartung oder Aktualisierung.*

### 3 Produktumgebung

#### 3.1 Software

- Geeigneter Bootloader oder Programmer zum Programmieren der e-puck Roboter
- Android Software ab Version 2.1

#### 3.2 Hardware

- e-puck Roboter
- Bodensensor für e-puck Roboter
- Android Smartphone  
*Voraussetzungen: Bluetooth, geeignete Auflösung, Beschleunigungssensoren, Touch-Display.*
- Computer mit Bluetooth Unterstützung

#### 3.3 Orgware

- Namenskonventionen für das Bluetooth-Modul der e-puck-Roboter  
*Die Kennung des Bluetooth-Modul der e-puck-Roboter muss zwingend folgender Namenskonventionen genügen: bla*<sup>2</sup>

## 4 Produktfunktionen

### 4.1 e-puck Roboter

#### 4.1.1 Netzwerkfunktionen

##### /F50/ Suchfunktion

*Ein e-puck Roboter kann andere e-puck Roboter in Reichweite seines Bluetooth-Moduls entdecken.*

---

<sup>1</sup>Bei Umsetzung mit einem Graph vom Grad 4 sind bei 6 kByte Arbeitsspeicher ca. 500 Knoten möglich.

<sup>2</sup>gemäß reguläre Ausdrücke

**/F60/** Verbindungsaufbau

*Ein e-puck Roboter kann zu einem anderen e-puck Roboter, den er mit der Suchfunktion entdeckt hat, eine Bluetooth-Verbindung aufbauen.*

**/F70/** Broadcast-Kommunikation

*Die e-puck Roboter können über bestehende Bluetooth-Verbindungen per Broadcast Nachrichten austauschen. Auch die Kommunikation mit dem Smartphone erfolgt via Broadcast.*

**/F75W/** Kommunikationsunterdrückung

*Erreicht ein e-puck einen kritischen Bereich auf dem Spielfeld, kann er über bestehende Bluetooth-Verbindungen weder Nachrichten senden noch empfangen. Die Verbindungen an sich bleiben bestehen.*

**4.1.2 Bewegungsfunktionen****/F80/** Grundbewegungen

*Der e-puck kann sich links und rechts herum in 90 Grad Schritten drehen. Das Vorwärtsfahren erfolgt in Kamerarichtung des Roboters. Rückwärtsbewegungen entgegen der Kamerablickrichtung sind nicht möglich.*

**/F100/** Linienverfolgung

*Die e-pucks bewegen sich auf dem Spielfeld nur auf den vorhandenen Linien. Das gilt auch für e-pucks, die mit dem Smartphone halbmanuell gesteuert werden.*

**/F90/** Kollisionsvermeidung

*Ein e-puck erkennt und vermeidet direkt bevorstehende Kollisionen mit anderen e-pucks.*

**/F110/** Knotenanalyse

*Ein e-puck erkennt beim Überfahren eines Knotens, in welche Richtungen er weiterfahren kann.*

**4.1.3 Erkundungsfunktionen****/F120/** Lokalisierung

*Vor Beginn des Erkundungsvorgangs einigen sich die e-pucks untereinander auf einen gemeinsamen Bezugspunkt und ermitteln relativ dazu ihre eigene Position. Die e-pucks starten in diesem Fall von fest definierten Startpositionen.*

**/F150/** Erkundungsfunktion

*Nach Abschluss des Lokalisierungsvorgangs erkunden die e-pucks in Zusammenarbeit das unbekannte Spielfeld vollständig.*

**/F140/** Kartensynchronisation

*Während des Erkundungsvorgangs tauschen die e-pucks kontinuierlich Informationen über die von ihnen erkundeten Felder aus. Ist ein Smartphone mit dem Netzwerk verbunden, erhält auch dieses entsprechende Nachrichten.*

**/F130/ Lokale Kartenkonstruktion**

*Jeder e-puck speichert lokal die komplette bisher erkundete Karte. Diese wird mit Hilfe der Informationen aus den Nachrichten der anderen e-pucks sowie den eigenen Erkundungsergebnissen konstruiert.*

**/F160/ Rückkehrfunktion**

*Nachdem das Gebiet vollständig erkundet worden ist, fahren die e-pucks wieder an ihre Startpositionen zurück.*

**/F170W/ Globale Lokalisierung**

*Starten die e-pucks nicht auf fest definierten Startpositionen, sondern auf beliebigen Feldern innerhalb des Spielfeldes, sammeln sich die Roboter zunächst nebeneinander in einem Gebiet des Spielfeldes. Dort beginnt der Erkundungsvorgang mit der oben beschriebenen Lokalisierung.*

## 4.2 Smartphone

### 4.2.1 Netzwerkfunktionen

**/F200/ Suchfunktion**

*Das Smartphone entdeckt e-puck Roboter in Reichweite seines Bluetooth-Moduls.*

**/F210/ Verbindungsaufbau**

*Das Smartphone kann sich via Bluetooth mit einem e-puck verbinden, den es mit Hilfe der Suchfunktion entdeckt hat.*

**/F220/ Kommunikationsfunktion**

*Das Smartphone kann Daten über eine korrekte Bluetoothverbindung mit einem e-puck Roboter Daten senden und empfangen.*

### 4.2.2 Steuerungsfunktionen

**/F290/ Steuerungsfunktion mit einem On-Screen-Joystick**

*Der ausgewählte e-puck kann mit einem On-Screen-Joystick halbmanuell gesteuert werden. Die Bewegung erfolgt weiterhin auf den Linien des Spielfeldes. Die Geschwindigkeit kann stufenweise eingestellt werden.*

**/F300/ Steuerungsfunktion mit dem eingebauten Beschleunigungssensoren**

*Alternativ kann der ausgewählte e-puck kann mit Hilfe des eingebauten Beschleunigungssensors halbmanuell gesteuert werden. Auch in diesem Fall bewegt sich der Roboter nur auf den Linien des Spielfeldes. Die Geschwindigkeit kann stufenweise eingestellt werden.*

### 4.2.3 Grafische Benutzeroberfläche

**/F230/ Kartendarstellung**

*Die GUI stellt die bereits erkundeten Gebiete in geeigneter Art und Weise dar.*

**/F240/ Roboterdarstellung**

*Die aktuelle Position der e-pucks wird auf der Karte der bisher erkundeten Gebiete eingezeichnet.*



- /F250/ Steuerungsfunktion per On-Screen-Joystick  
*Mithilfe eines Steuerknüppels kann der Teilnehmer entlang der Linien bewegt werden*
- /F260/ Steuerungsfunktion per Bewegungssensor  
*Durch Kippen des Smartphones kann der e-puck Roboter beschleunigt, gebremst sowie in verschiedene, gültige Richtungen bewegt werden.*
- /F270W/ Zustandsvisualisierung (Status + Pfade)  
*Auf dem Smartphone wird für jeden e-puck Roboter der bisher abgefahrene Weg, die Anzahl der überfahrenen Knoten und sein momentaner Status (stehend, fahrend, manuell gesteuert) visualisiert.*
- /F280W/ Internationalisierung

## 5 Produktdaten

[ToDo] Keine persistente Datenspeicherung

## 6 Produktleistungen

- /L50/ Sofortiger Wiederaufbau der Bluetooth-Verbindung nach Verbindungsverlust  
[ToDo]
- /L60/ Robustheit des Systems bei Ausfall eines e-puck Roboter  
[ToDo] -mehr als ein e-puck; - keine zwei Ausfälle zur selben Zeit
- /L70/ Erkundung des Spielfelds mit Hilfe kooperierender Roboter erfolgt möglichst effizient  
[ToDo]
- /L80/ Ungültige Richtungsanweisungen werden erkannt und nicht ausgeführt  
[ToDo]

## 7 Benutzungsoberfläche

### 7.1 Dialogstruktur

Im folgenden Schaubild wird die grundlegende Dialogstruktur der Android-Anwendung dargestellt.

jBild reinj

### 7.2 Frame ‘Karte’

Auf dem Frame ‘Karte’ erfolgt die übersichtliche Darstellung des bereits erkundeten Gebietes. Auf dieser Karte werden außerdem die aktuellen Positionen der teilnehmenden e-pucks angezeigt.

Darüber hinaus kann einer der e-pucks ausgewählt werden. Dessen Position wird auf der Karte besonders hervorgehoben.

Wird kein verbindungsbarer e-puck gefunden, so hat der Benutzer die Möglichkeit, erneut eine Suche zu starten oder die Anwendung zu verlassen.

### 7.3 Frame ‘Steuerung’

Der Frame ‘Steuerung’ ermöglicht die halbmanuelle Steuerung des auf dem Frame ‘Karte’ ausgewählten e-puck.

Der Name des gewählten e-pucks wird dem Benutzer angezeigt.

Der Benutzer kann zwischen den beiden beschriebenen Steuerungsarten wählen.

### 7.4 Frame ‘Statistik’

## 8 Qualitätsbestimmungen

### 8.1 e-puck

- Effizienz  
*Großer Wert wird auf eine hohe Performance des Systems gelegt. Die Nutzung des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers erfolgt so effizient wie möglich.*
- Korrektheit  
*Das unbekannte Spielfeld wird von den e-pucks vollständig und lückenlos erkundet.*
- Austauschbarkeit  
*Die Architektur der e-pucks wird gezielt so entworfen, dass Komponenten der Logik einfach ausgetauscht werden können. Dazu gehören neben der Fahr- und Steuerungslogik insbesondere die Erkundungs- und Wegfindungsmechanismen.*
- Robustheit  
*Das System wird so entworfen, dass die Erkundung des unbekannten Spielfeldes erfolgreich abgeschlossen werden kann, solange wenigstens ein e-puck nicht ausgefallen ist. Auch ein Ausfall des Smartphones führt nicht zum Abbruch des Erkundungsvorgangs.*

### 8.2 Smartphone

- Korrektheit  
*[ToDo]*
- Benutzerfreundlichkeit  
*[ToDo]*
- Austauschbarkeit
- Erweiterbarkeit

## 9 Globale Testszenarien und Testfälle

## 10 Ergänzungen