

## Ölunfall in einer Trinkwasseranlage<sup>1</sup>(1)

M. Sci. Vita Rutka

Hintergrund des Problems ist ein Ölunfall in Glasgow (Schottland), bei dem Ende 1997 ein Barrel ( $\hat{=}$  158.98729 Liter) Dieselöl in ein Reservoir ( $a$  in Abbildung 1) des Trinkwassersystems gelangte. Anschließend breitete sich das Öl im Leitungsnetzwerk aus, bis die Verschmutzung von den Verbrauchern entdeckt und gemeldet wurde. Daraufhin war der betroffene Teil der Wasserversorgung durch die nötigen Reinigungsarbeiten für die Dauer von mehr als einer Woche nicht benutzbar.

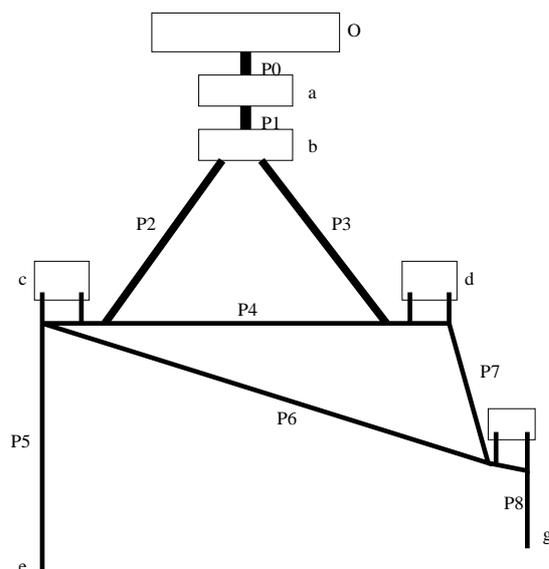


Abbildung 1: Schemazeichnung des verseuchten Teils des Trinkwassernetzwerks

Die Trinkwasseranlage von Glasgow wurde im 19. Jahrhundert gebaut und ihre Funktionsweise basiert alleine auf Wirkung der Schwerkraft (siehe Abbildung 1). Gespeist wird sie durch Frischwasser aus einem See (Reservoir  $O$ ). Über ein Netzwerk von Leitungsrohren unterschiedlicher Länge (und unterschiedlichen Durchmessers) sowie weiterer Reservoirs ( $a, b, c, d, f$ ) gelangt das Wasser schließlich über die Zuleitungen  $e$  und  $g$  zu den Konsumenten.

Gesucht wird nach einer Möglichkeit, den betroffenen Teil des Leitungssystems so schnell wie möglich zu reinigen. Dies kann zum einen durch Mischen des verschmutzten Wassers mit Frischwasser aus dem See, zum anderen durch Entnahme von Schmutzwasser an den Stellen  $b, c, d$  und  $f$  geschehen.

<sup>1</sup>©FB Mathematik, Universität Kaiserslautern; 15<sup>th</sup> ECMI Modelling Week (Klagenfurt '01), Dr. C. Coles

## Zahnradkonstruktion für Mikrogetriebe<sup>1</sup>(2)

Dr. Klaus Überbacher

Die Firma IMS produziert Mikro Zahnradgetriebe aus Kunststoff. Die einzelnen Zahnräder werden mit dem Spritzgussverfahren hergestellt. Dabei wird flüssiger Kunststoff in eine Metallform gespritzt, um dort auszuhärten. Die Metallformen für die Zahnräder werden aus einem Metallblock mit einer so genannten Drahterodiermaschine herausgeschnitten.

Die Form des Zahnrades wird von einem CAD-Programm geliefert. Experimente zeigen, dass durch einen Schrumpfungsprozess des Kunststoffs beim Aushärten das fertige Zahnrad nicht mehr exakt die vorgegebene Form besitzt. Deshalb wird die Gestalt der Metallform in einem iterativen Prozess derart abgeändert, dass das nach dem Gießen entstehende Zahnrad die gewünschte Form aufweist. Das so entstandene *Negativ* des Zahnrads wird nun per Laser vermessen und man erhält eine große Anzahl von Kontrollpunkten, die die neue Metallform beschreiben.

Damit die Drahterodiermaschine diese Form aus einem Metallblock schneiden kann, braucht sie eine geschlossene Kurve als Eingabeparameter. Leider kann das Gerät keine beliebigen Kurven schneiden, sondern nur Kreisbögen und Geraden verwenden. Es muss also aus diesen Elementen eine geschlossene Kurve so konstruiert werden, dass die gegebenen Kontrollpunkt auf ihr liegen. Die zuletzt genannte Bedingung muss jedoch nicht exakt erfüllt sein, sondern nur unter Einhaltung eines gegebenen Toleranzbereichs, d.h. jeder Kontrollpunkt der Zahnradform darf einen gegebenen Abstand (zwischen 0.5 und 6  $\mu\text{m}$  zur zu erzeugenden Kurve nicht überschreiten. Darüber hinaus muss die Verbindung zweier Segmente ohne Knick erfolgen.

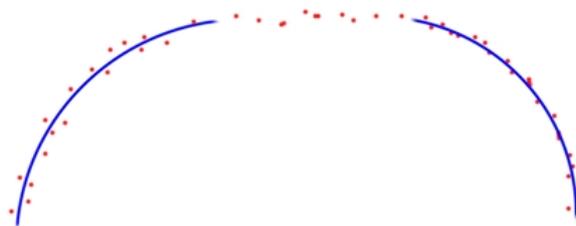


Abbildung 1: Mit einem Kurvensegment zu schließende Lücke am letzten Zahn zwischen Anfang und Ende der konstruierten Kurve

Zur Steuerung der Drahterodiermaschine wurde bei IMS ein Computerprogramm entwickelt, das die gesuchte Kurve aus Kreisbögen und Geraden fast vollständig erzeugt. Leider gibt es unter Umständen am letzten Zahn Probleme, die verbleibende Lücke zwischen Anfang und Ende der erzeugten Kurve, wie in Abbildung 1 dargestellt, durch ein Segment unter Berücksichtigung der vorher genannten Bedingungen zu schließen.

<sup>1</sup>©FB Mathematik, Universität Kaiserslautern

Momentan kann die Lücke bei bestimmten Formen nicht ohne Knick geschlossen werden, was zum Stillstand der Drahterodiermaschine während des Schneidvorgangs führt. Dadurch wird ein Loch in die Metallform gebrannt, so dass das Werkstück nicht mehr verwendet werden kann und als Ausschuss zu klassifizieren ist. Daher kann in diesem Fall die Drahterodiermaschine nicht zur Herstellung der Metallform verwendet werden, sondern man muss auf ein minderwertiges Verfahren zurückgreifen. Da die Bearbeitung der Metallform mit der Drahterodiermaschine sechs bis zwölf Stunden dauert, sind die Herstellungskosten sehr hoch. Muss auf ein minderwertiges Verfahren zurückgegriffen werden, erhöhen sich die Herstellungskosten noch weiter.

Dies macht deutlich, dass die korrekte Verbindung der beiden Konturen für beliebige Zahnradformen den Produktionsprozess erheblich verbilligen würde. Außerdem sollte die verbleibende Lücke nicht durch beliebig viele Segmente (Kreisbögen oder Geraden) geschlossen werden, sondern nach Möglichkeit mit einem oder in Ausnahmefällen zwei Segmenten, weil die Zahl der insgesamt verwendeten Segmente möglichst klein bleiben soll.

Die Firma IMS erhofft sich die Erarbeitung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe die verbleibenden Enden der bereits konstruierten Kurve in jedem Fall in der erforderlichen Weise verbunden werden können. Darüber hinaus wäre ein neuer Algorithmus sehr interessant, der die Konstruktion der gesamten Kurve allein unter Verwendung von Kreissegmenten und Geraden bewerkstelligt. Dabei sind natürlich die oben genannten Bedingungen der Knickfreiheit und Einhaltung der Toleranz zu erfüllen; eine möglichst kleine Zahl von Kurvensegmenten wäre wünschenswert.

### **Funktionsweise der Drahterodiermaschine**

Die verwendeten Metallformen zur Herstellung der Zahnräder werden aus Metallblöcken mit Hilfe der Drahterodiermaschine herausgeschnitten. Hierfür muss zunächst ein Loch in die Form gebohrt werden, so dass der Schneidedraht der Drahterodiermaschine hindurchgeführt werden kann. Nun wird eine Spannung am Draht angelegt. Steuert man den Draht hinreichend dicht an den Rand der Bohrung im Metallblock heran, springt ein Funke über der gesamten Dicke der Bohrung vom Draht zum Metallblock über. Dieser Funke schmilzt das Metall auf, so dass damit ein Schnitt durch das Metall ausgeführt werden kann.

## Optimale Bewässerung eines Gartens<sup>1</sup>(3)

Dr. Martin Bracke

Schon seit längerer Zeit gibt es Bewässerungssysteme, die laut Hersteller in Verbindung mit einfachen Steuerungsgeräten die automatische Bewässerung von großen Gartenanlagen ermöglichen sollen.

Bei der konkreten Planung eines solchen Systems sind zum einen aus einer Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichen Leistungsmerkmalen die passenden auszuwählen, zum anderen muss der jeweils günstigste Standort innerhalb des zu bewässernden Gartens ermittelt werden. Dabei soll die Bewässerung natürlich möglichst gleichmäßig erfolgen; für verschiedene Bepflanzungsarten (Rasen, Gemüsebeete, etc.) können auch unterschiedliche Wasserbedürfnisse existieren. Zusätzlich gibt es oft Zonen, die idealerweise von der Bewässerung ausgeschlossen bleiben. Dazu gehören beispielsweise Terrassen, Gehwege, Fensterscheiben, Lüftungsschächte u.ä.

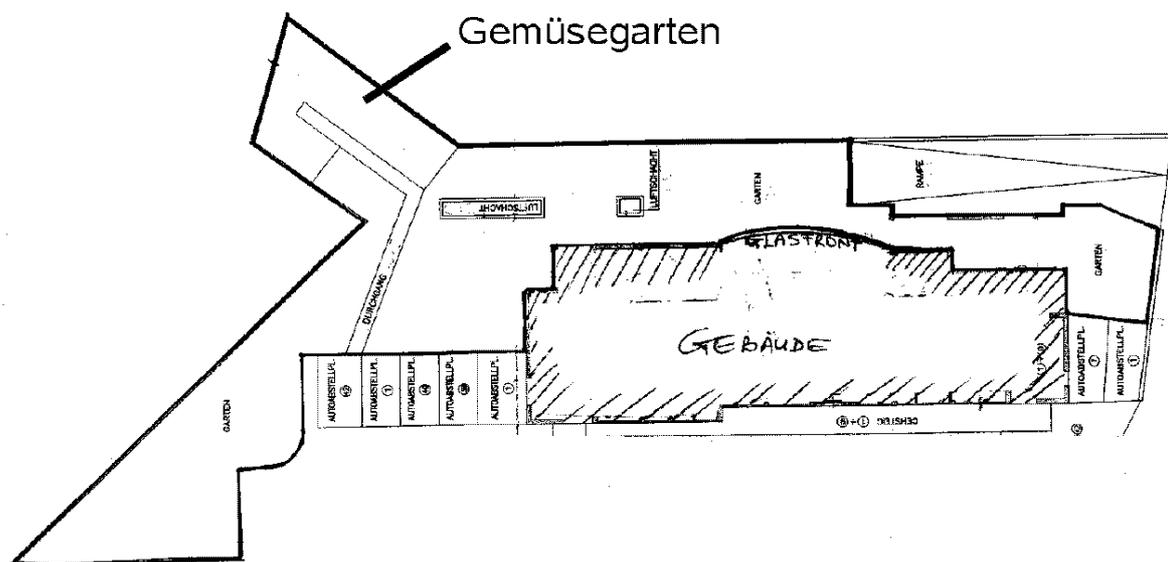


Abbildung 1: Plan einer Gartenanlage

Es ist nach einer Idee gefragt, anhand der die Bewässerung konkreter Gartenanlagen, wie z.B. in Abbildung 1 zu sehen, in diesem Sinn optimal geplant werden kann.

<sup>1</sup>©FB Mathematik, Universität Kaiserslautern

## Kennzeichnung von geschützten Reptilien und Amphibien<sup>1</sup>(4)

Dr. Karin Höller

Seit dem 1. Juni 1997 gilt in der EU eine neue Artenschutzvorschrift, die die Bestimmungen des sogenannten *Washingtoner Artenschutzübereinkommens* für alle Mitgliedstaaten umsetzt. Ziel ist es, den internationalen Handel, der eine Hauptgefährdung für den Bestand wildlebender Tiere und Pflanzen darstellt, zu überwachen und zu beschränken. Deshalb gibt es nun für alle EU-Staaten einheitliche und verbindliche Bestimmungen, die die Ein- und Ausfuhr sowie die kommerzielle Verwendung von geschützten Exemplaren regeln. Dabei werden die Arten je nach Gefährdungsgrad in vier Gruppen eingeteilt, für die verschiedene Vorschriften gültig sind.

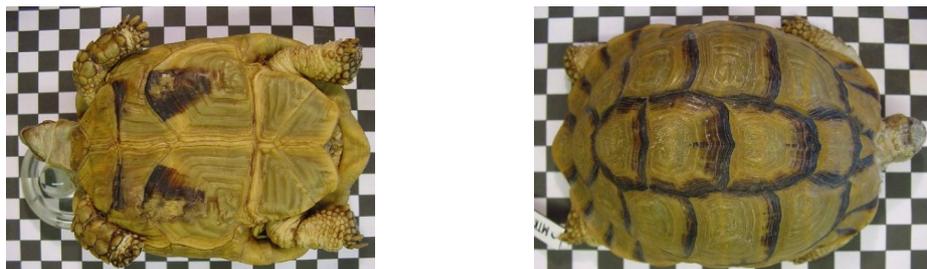


Abbildung 1: Bauch- und Rückenpanzer einer Schildkröte der Gattung *Testudo*

Ein Problem ist nun die Unterscheidung zwischen freilebenden gefährdeten Tieren und solchen aus der Nachzucht, da hier wiederum unterschiedliche Regelungen gelten. Eine bisher übliche Methode ist Kennzeichnung in freier Wildbahn lebender Tiere, so dass sie eindeutig identifiziert werden können. Dabei kommen oft sogenannte Transponder zum Einsatz, die entweder selbst Signale aussenden oder aber auf eine äussere Aktivierung reagieren. Da hierzu jedoch teilweise sehr riskante Eingriffe bei den Tieren vorgenommen werden müssen, wird eine nicht invasive Alternative gesucht.

Für Landschildkröten beispielsweise besteht die Hoffnung, die Tiere anhand der Form und Muster ihrer Panzerung eindeutig zu identifizieren (siehe Abbildung) – eine Idee, die dann eventuell auch auf andere Arten übertragen werden kann. In einem Modellprojekt soll nun für die ägyptische Landschildkröte (*Testudo kleinmanni*) herausgefunden werden, ob eine praktische Umsetzung möglich ist. Anders formuliert:

Kann der Panzer einer Schildkröte als ihr „Personalausweis“ dienen?

<sup>1</sup>©FB Mathematik, Universität Kaiserslautern

## Bahnfahren attraktiver durch neue Haltepunkte?<sup>1</sup>(5)

Dr. Heidemarie Unterholzner

Es stellt sich die Frage, ob sich die Attraktivität des Schienenpersonenverkehrs durch die Eröffnung neuer Haltepunkte im Nahverkehr erhöhen lässt. Dabei sind zwei Effekte zu berücksichtigen:

- **Erschließungsgrad:** Durch einen neu eingeführten Haltepunkt vereinfacht sich für die in seiner Umgebung wohnenden potentiellen Fahrgäste der Zugang zur Bahn, was sich in einer Zeitersparnis ausdrückt. Somit wird die Attraktivität erhöht.
- **Reisezeitverlängerung:** Durch jeden zusätzlichen Halt verlängert sich die Reisezeit der bereits im Zug sitzenden Passagiere, was die Attraktivität der Bahn für diese Fahrgäste verringert.

Die Frage ist nun, ob und wie sich für ein gegebenes Schienennetz, ähnlich dem in Abbildung 1 gezeigten, durch Einführung (oder evtl. sogar Abschaffung!) von Haltepunkten die Attraktivität des Bahnfahrens erhöhen lässt.

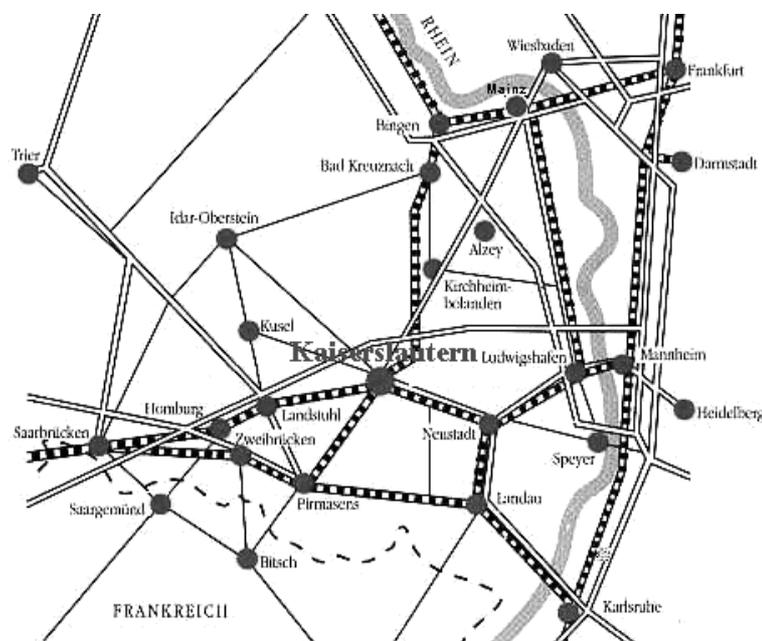


Abbildung 1: Karte des Bahnschienennetzes (Ausschnitt)

<sup>1</sup>©FB Mathematik, Universität Kaiserslautern