

Hansruedi Kaiser
Fachrechnen vom Kopf auf die Füße gestellt
Beispiele

Tiefbau

Im Zentrum dieses Beispiels stehen Bauarbeiter im Tiefbau, also Personen, welche Strassen bauen und Gräben ausheben. Dieses Beispiel ist chronologisch das erste und umfasst noch nicht alle Aspekte, die im Leitfaden angesprochen werden.

1 Anlass

Der *Schweizerische Verband für Weiterbildung SVEB* engagiert sich seit einigen Jahren im Bereich der Förderung von Grundkompetenzen gering qualifizierter Personen. In diesem Zusammenhang wurde beschlossen, ein Betrag, den die Binding Stiftung für ein Projekt zur Förderung von Bauarbeitern bereitgestellt hatte, für ein Pilotprojekt im Bereich Förderung von alltagsmathematischen Kompetenzen einzusetzen. Der Schweizerische Baumeisterverband konnte von der Idee überzeugt werden und ging auf die Suche nach einem Betrieb, der daran interessiert war, einen entsprechenden Kurs betriebsintern durchzuführen.

Zu Beginn des nächstens Winters – Baufirmen haben im Sommer keine Zeit für Weiterbildungen – meldet sich dann auch eine im Tiefbau tätige Firma mittlerer Grösse. Bei einem ersten Gespräch schälte sich ein klar umrissenes Ziel für einen derartigen Kurs heraus: Auf grösseren Baustellen ist meist ein Ingenieur oder doch ein gut ausgebildeter Vorarbeiter vor Ort, der allfällige Berechnungen übernimmt. Es gibt aber immer wieder Kleinbaustellen – beispielweise soll vor der Garage eines Einfamilienhauses der Belag des Vorplatzes erneuert werden – wo es viel zu teuer wäre, einen Vorarbeiter einzusetzen. Auf solchen Baustellen arbeiten dann zwei oder drei angelernte Baumarbeiter und sind für ein paar Tage auf sich allein gestellt. Dabei müssen sie Entscheidungen fällen, wie etwa, welche Menge Belagsmaterial bestellt werden muss.

Ausgehend von dieser Problemlage wurde beschlossen, betriebsintern einen Kurs für angelernte Mitarbeiter durchzuführen. Als Ziel des Kurses wurde festgelegt: „Drei Tage ohne Vorarbeiter (mathematisch) überleben“. Der Kurs wurde dann im folgenden Winter durchgeführt und umfasste insgesamt sieben Halbtage.

2 Situationen sammeln

Als erstes wurde versucht, eine **Sammlung von Situationen** aus dem beruflichen Alltag von Tiefbaumitarbeitern zusammenzustellen, in denen Mathematik eine Rolle spielt (*fachrechnen: Leitfaden*). **Quelle** dafür war ein erfahrener Bauführer, der auch entscheidend hinter dem Engagement der Firma für diesen Kurs stand.

Intuitiv wäre dieser Bauführer eher von einer Sammlung von Ressourcen wie „Dreisatz“, „Prozentrechnen“ etc. ausgegangen. Vom Zugang über die Situationen musste er zuerst überzeugt werden. Es fiel ihm dann aber nicht schwer, sich umzustellen und dank seiner langjährigen Erfahrung hatte er keine Mühe, die folgenden sechs Situationen zu beschreiben.

- B. **Aushub organisieren:** Eine Baugrube, ein Schacht für eine Leitung oder Ähnliches muss ausgehoben werden. Wie viele Lastwagenladungen Aushub fallen an und wie lange wird für den Abtransport benötigt?
- C. **Beton bestellen:** Eine Schalung, der Boden eines Schachtes oder Ähnliches soll mit Beton ausgegossen werden. Wie viele Kubikmeter Beton werden benötigt?
- D. **Beton mischen:** Eine Kleinmenge Beton soll vor Ort gemischt werden. Wie viel Kies und wie viel Zement wird benötigt?
- E. **Belag bestellen:** Ein Stück Belag in mehr oder weniger regelmässiger Form muss frisch erstellt werden. Wie viele Tonnen Belag werden benötigt?
- F. **Werkleitungsbau:** Leitungen bzw. Rohre müssen verlegt werden. Wie viel Aushub fällt an? Wie viel Kies und/oder Beton wird benötigt? Wie viel Belag wird benötigt?
- G. **Pflasterarbeiten:** Als Randabschluss müssen Pflastersteine gesetzt werden. Wie viel Beton wird benötigt? Welches Gefälle muss abgesteckt werden?

Diese Liste von Situationen spiegelt die Erwartung des Bauführers wider, in welchen Momenten seine Leute selbstständiger agieren müssten, als sie es bisher getan hatten. Entsprechend kamen im Lauf der folgenden Entwicklung auch keine gänzlich neuen Situationen hinzu. Dies obwohl es für die Teilnehmenden am Kurs durchaus möglich gewesen wäre, solche einzubringen.

Hingegen war in der ursprünglichen Vorstellung des Bauführers das Abstecken von Linien etc. im Gelände eine Ressource, die bei den verschiedensten anderen Situationen eine Rolle spielen kann. Im Verlaufe der Durchführung des Kurses zeigte sich aber, dass Abstecken als eigene, bedeutsame Situation wahrgenommen wird, in deren Zusammenhang sehr spezifische Ressourcen wie *Längen aus einem Plan herausmessen* und *Nivellieren* von Bedeutung sind:

- A. **Abstecken:** Auf Grund von Angaben in einem mehr oder weniger detaillierten Plan müssen Strukturen im Gelände abgesteckt werden (Punkte, Kreissegmente, Steigungen).

Zu jeder dieser Situationen wurde eine **Beschreibung** mit **typischer Situation**, **Ressourcen** etc. angelegt (*fachrechnen: Berechnungssituationen*). Als der Kurs begann, waren diese Beschreibungen kaum über grobe Skizzen hinaus gediehen. Dies erwies sich aber als unproblematisch, da der Bauführer als primäre Informationsquelle den Kurs selber gab. Die Beschreibungen konnten dann im Verlaufe des Kurses ergänzt werden

– anhand von Beobachtungen während der Interaktion des Bauführers mit den Kursteilnehmern und anhand von ergänzenden Fragen an den Bauführer und die Kursteilnehmer.

3 Die Beschreibung der Situationen

Die endgültigen Beschreibungen sind auf den folgenden Seiten zusammengestellt. Sie sind bereits auch um die *mathematischen Werkzeuge* ergänzt (*fachrechnen: Mathematische Werkzeuge*).

3.1 A. Abstecken

Typische Situation

Emil muss mit dem Bagger den Graben für eine neue Werksleitung in der Mitte einer Strasse ausheben. Er konsultiert den Leitungsplan und sieht, dass etwas weiter vorne ein Kabel die Strasse kreuzt. Damit er nicht versehentlich mit dem Bagger dieses Kabel zerstört, muss er unbedingt die Lage des Kabels auf der Strasse markieren. Er sucht sich auf dem Plan zwei Fixpunkte am Strassenrand, die er auch am Rand der realen Strasse ausfindig machen kann. Dabei wählt er die Punkte auch so, dass sich die Kreise, die er um sie herum abtragen wird, möglichst rechtwinklig schneiden. Der Massstab des Plans ist 1:200. Er misst die Distanzen von den Fixpunkten zu Stelle, wo das Kabel den auszuhebenden Graben schneiden wird, und rechnet das in reale Meter um. Die errechneten 7 m scheinen ihm plausibel, da Strassen normalerweise etwa 6 m breit sind. Er trägt nun im Gelände um die beiden Fixpunkte herum je ein Kreisstück mit dem entsprechenden Radius ab und erhält so als Schnittpunkt die gesuchte Stelle.

Eine weitere typische Situation findet sich unten bei „Pflasterungsarbeiten“.

Mathematische Werkzeuge

Planlesen:	Proportionalitätstabellen der Art: „Bei einem Massstab von 1:100 entspricht ein cm auf dem Plan einem m im Gelände“.
Steigungen:	Proportionalitätstabelle der Art: „Bei einer Steigung von 1% steigt die Strasse/der Platz mit jedem Meter um 1 cm.“
Abtragen im Gelände:	Kreis als Ort der Punkte, die von einem bestimmten Punkt alle denselben Abstand haben

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- Kreis als Ort der Punkte, die von einem bestimmten Punkt alle denselben Abstand haben
- Straff gespannte Schnur als Modell einer Geraden
- Bedeutung der Angaben zum Planmassstab (1:100, 1:200, 1:500 etc.)
- Bedeutung von Angaben zum Gefälle in Prozent
- Typische Dimensionen (Strassenbreite 6 m, Einfamilienhaus 9 m)
- Minimale Steigung für einen guten Wasserabfluss: 2% (bei Betonrohren 5%)

Fertigkeiten

- Pläne lesen/interpretieren
- Längen aus Plan herausmessen
- Gefälle/Höhenunterschiede berechnen
- Handskizzen machen
- Distanzen und Kreisbögen im Gelände abtragen
- Höhenunterschiede im Gelände messen und abtragen

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Massstab
- Messband
- Nivellier
- Taschenrechner

Stolpersteine

- Ungewöhnliche Planmassstäbe (schwierigere Berechnung, fehlende Erfahrung)
- Ungünstige Lage der Fixpunkte (bei sich flach schneidenden Kreisen muss mit deutlich höhere Präzision gemessen werden)

Erwünschte Genauigkeit

Die erwünschte Genauigkeit hängt stark von der Situation ab. In der hier geschilderten typischen Situation sind die Werte so auf- bzw. abzurunden, dass das Kabel sicher nicht verletzt wird. Bei der typischen Situation unter „Abstecken“ hingegen sollte die vorgegebene Höhendifferenz auf einen Zentimeter genau eingehalten werden.

3.2 B. Aushub

Typische Situation

Mauro muss den Aushub für ein Einfamilienhaus organisieren. Er studiert den Plan und entnimmt ihm Breite, Länge und Tiefe der Grube und fügt noch einen Arbeitsgraben hinzu. Vorgesehen ist eine Böschungsneigung von 3:1. Aus all diesen Angaben berechnet er die Kubatur des Aushubs, ca. 400 m³. Aufgelockert gibt das etwa 20% mehr, die abtransportiert werden müssen, also etwa 48 voll beladene Vierachser. Wenn alle 10 Minuten ein neuer Laster beladen abfahren kann, sind das etwa 6 Fahrten pro Stunde. In etwa 7 Stunden sollte also der Abtransport erledigt sein. Der Aushub kann in etwa 10 km Distanz deponiert werden. Das dürfte eine Fahrzeit von etwa 30 Minuten ergeben. Benötigt werden also mindestens drei, besser vier Laster.

Mathematische Werkzeuge

Böschung:	Proportionalitätstabellen der Art „3 Meter hoch, 1 Meter hinaus“
Fläche:	Proportionalitätstabelle der Art „4 m lang, 1 m breit, 4 m ² Fläche“ bei rechteckigen Baugruben
Volumen:	Proportionalitätstabelle der Art „4 m ² Bodenfläche, 1 m hoch, 4 m ³ Volumen“
& Böschung:	Das Mittel der Fläche unten und der Fläche oben verwenden.
Auflockerung:	Proportionalitätstabelle der Art „100 m ³ , 20 m ³ dazu“
Fahrzeit:	Proportionalitätstabelle der Art „40 km, 1 Stunde“
Planung:	Proportionalitätstabelle der Art „30 min pro Fahrt, 2 Fahrten pro Stunde“

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- Bedeutung der Angaben zur Böschungsneigung (3:2, 3:1 etc.)
- Breite des Arbeitsgrabens 1 m
- Auflockerung des Aushubs typischerweise um ca. +20%
- Auflockerung bei Fels oder Belagsabbruch um ca. +40%
- Kapazität von Lastwagen (4 Achsen: 12m³, 2 Achsen: 6m³)
- Ladezeit (inkl. Manövrieren): 10 Minuten
- Typische Fahrzeit zur/von der Deponie: 15 min für 10 km

Fertigkeiten

- Transport- und Zeitplanung
- Böschungen berechnen
- Flächen berechnen (Rechteck, Dreieck, Kreis)
- Volumen berechnen
- Pläne lesen/interpretieren
- Handskizzen machen
- Strukturiert arbeiten

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Taschenrechner

Stolpersteine

- Nicht rechteckige Baugruben (schwierigere Berechnung)

Erwünschte Genauigkeit

Auflockerung des Aushubs und tatsächliche Ladung pro Laster sind mit einiger Ungenauigkeit behaftet. Benötigt wird aber auch keine exakte Zahl für das Volumen sondern nur eine Abschätzung der Anzahl Fahrten.

3.3 C. Beton bestellen

Typische Situation

Serdar muss die Fundamente für fünf Kandelaber entlang eines neuen Strassenstückes betonieren. Die Gruben sind nach Plan ausgehoben. Aus dem Plan kann Serdar die Tiefe, Breite und Länge der einzelnen Gruben herauslesen. Auf Grund dieser Angaben berechnet er die Betonmenge in m^3 , die benötigt würde, um die fünf Gruben zu füllen. Allerdings kommt in die Mitte jeder Grube ein Zementrohr, welches dann den Kandelaber aufnimmt. Auf Grund des Durchmessers des Rohres berechnet er, wie viel Beton er weniger braucht. Die berechnete Menge entspricht der Menge an verdichtetem Beton, welche benötigt wird. Zu dieser Menge fügt er 20% hinzu und bestellt sie telefonisch.

Eine weitere typische Situation findet sich unten bei „Pflasterungsarbeiten“.

Mathematische Werkzeuge

Fläche rechteckig:	Proportionalitätstabelle der Art „4 m lang, 1 m breit, 4 m^2 Fläche“
Fläche rund:	Proportionalitätstabelle der Art „1 m Durchmesser, 0.79 m^2 Fläche“
Volumen:	Proportionalitätstabelle der Art „4 m^2 Bodenfläche, 1 m hoch, 4 m^3 Volumen“
Volumen mit Hohlräumen:	Gesamtvolumen minus Volumen der Hohlräume
Auflockerung:	Proportionalitätstabelle der Art „100 m^2 , 20 m^2 dazu“
Fahrzeit:	Proportionalitätstabelle der Art „40 km, 1 Stunde“
Planung:	Proportionalitätstabelle der Art „30 min pro Fahrt, 2 Fahrten pro Stunde“

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- Auflockerungsfaktor bei verdichtetem Beton ca. + 20%
- Ein Kreis von 1 m Durchmesser hat eine Fläche von 0.79 m^2
- Angaben zu Rohrdurchmessern beziehen sich immer auf den Innendurchmesser
- Typische Wandstärke von Betonrohren: 4 cm
- Typische Fahrzeit zum/vom Werk: 15 min für 10 km

Fertigkeiten

- Transport- und Zeitplanung
- Volumen berechnen
- Flächen berechnen (Rechteck, Dreieck, Kreis)
- Pläne lesen/interpretieren
- Handskizzen machen
- Strukturiert arbeiten

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Taschenrechner

Stolpersteine

- Komplexe Formen, die ausgegossen werden müssen (schwierige Volumenberechnung)

Erwünschte Genauigkeit

Der Bedarf wird möglichst präzise berechnet und bestellt. Da der Beton gegossen wird, verteilt sich die Menge gleichmässig.

3.4 D. Beton mischen

Typische Situation

Max stellt fest, dass er zum Abschluss der Arbeiten noch Beton für ein Volumen von 400 Liter benötigt (vgl. *Beton bestellen*). Dies ist eine Menge, die man sich schlecht liefern lassen kann und so beschliesst er, diese Menge selbst zu mischen. Er weiss, dass er für 500 Liter verdichteten Beton etwa 10 Schubkarren voll Kies benötigt. Also nimmt er 8 Schubkarren voll. Bei PC 250 – was hier gefordert ist – benötigt man pro Schubkarre Kies einen halben Sack Zement. In diesem Fall braucht es also 4 Säcke. Das ganze vermischt er mit Wasser, bis die erwünschte Konsistenz erreicht ist.

Mathematische Werkzeuge

Kies: Proportionalitätstabelle der Art „500 Liter, 10 Schubkarren“

Zement: Proportionalitätstabelle der Art „PC 250, 2 Schubkarren, 1 Sack“

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- 10 Schubkarren für 500 Liter verdichteten Beton
- Bei PC 250 12.5 kg Zement pro Schubkarre Kies
- Bei PC 125 halb so viel Zement wie bei PC 250
- Ein Sack Zement: 25 kg
- Volumen einer Schubkarre: 60 Liter

Fertigkeiten

- Überschlagsmässig Mengen auf andere Volumina umrechnen

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Schubkarre als Messgefäss

Stolpersteine

- Ungewohnte PC Angaben (schwierigere Berechnung und Abmessung der Zementmenge)

Erwünschte Genauigkeit

Tendenziell etwas mehr.

3.5 E. Belag bestellen

Typische Situation

Amir und Beat sind dabei, den Garagenvorplatz an der Talstrasse 12 mit einem neuen Belag zu versehen. Sie vermessen zusammen grob den trapezförmigen Vorplatz und berechnen die Fläche. Der Belag soll 7 cm dick werden. Ein m^2 Belag ein cm dick ist 24 kg schwer. Pro m^2 werden also 168 kg benötigt. Sie ermitteln die gesamte benötigte Menge Belag in Tonnen. Dies bestellen sie anschliessend per Handy beim Werk.

Mathematische Werkzeuge

Fläche rechteckig:	Proportionalitätstabelle der Art „4 m lang, 1 m breit, 4 m^2 Fläche“
Fläche rechteck. Dreieck:	Halbe Fläche des Rechtecks
Fläche Kreis:	Proportionalitätstabelle der Art „1 m Durchmesser, 0.79 m^2 Fläche“
Fläche Kreissegment:	Proportionalitätstabelle der Art „ganzer Kreis, 1 m^2 Fläche“
Fläche komplex:	Summe der Teilflächen
Belagsmenge:	Proportionalitätstabelle der Art „1 m^2 , 1 cm dick, 24 kg“
Zugabe:	Proportionalitätstabelle der Art „100 kg, 5 kg dazu“
Fahrzeit:	Proportionalitätstabelle der Art „40 km, 1 Stunde“
Planung:	Proportionalitätstabelle der Art „30 Minuten pro Fahrt, 2 Fahrten pro Stunde“

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- Ein m^2 Belag ein cm dick ist 24 kg schwer
- Zugaben von 5% bei Kleinmengen
- Ein Kreis von 1 m Durchmesser hat eine Fläche von 0.79 m^2
- Komplexe Flächen lassen sich oft in Rechtecke, rechtwinklige Dreiecke und Kreissegmente zerlegen.
- Typische Fahrzeit zum/vom Werk: 15 min für 10 km

Fertigkeiten

- Transport- und Zeitplanung
- Flächen berechnen (Rechteck, Dreieck, Kreis)
- Komplexe Flächen aus Dreiecken und Kreissegmenten zusammensetzen
- Pläne lesen/interpretieren
- Handskizzen machen
- Strukturiert arbeiten

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Taschenrechner
- (Formelsammlung für Flächenberechnung)

Stolpersteine

- Komplexe Flächen – v.a. nicht rechtwinklig und mit Rundungen (schwierige Berechnung)

Erwünschte Genauigkeit

Die gewünschte Dicke des Belags kann beim Verarbeiten nicht beliebig genau eingehalten werden. Mit Abweichungen ist also zu rechnen. Für grosse Flächen (längere Strassenstücke etc.) wird der Bedarf möglichst präzise berechnet und bestellt. Zeigt sich dann gegen Ende der Verarbeitung, dass zu wenig Material bestellt wurde, wird rechtzeitig nachbestellt. Bei kleinen Flächen hingegen wird ca. 5% zugegeben, damit die Arbeit sicher nicht wegen Materialmangel stillsteht.

3.6 F. Werkleitungsbau

Beim Werkleitungsbau handelt es sich um eine übergreifende Situation, welche die meisten anderen Situationen als Teilsituationen enthält.

Typische Situation

Lukas koordiniert die Arbeiten beim Bau einer Werkleitung. Auf Grund der Pläne organisiert er zuerst den Aushub (vgl. Situation *Aushub*). Auf dem Boden des ausgehobenen Grabens werden dann die Leitungen in eine Kies-Sand-Schicht eingebettet, so dass sie von mindestens 10 cm Material umgeben sind (analog Situation *Beton bestellen*). Darüber folgen zwei Schichten Füllmaterial. Lukas berechnet die notwendigen Mengen dafür, wie er dies auch bereits für die benötigte Menge der Kies-Sand-Schicht getan hat (analog Situation *Beton bestellen*). Und schliesslich folgen noch zwei Schichten mit unterschiedlichem Belagsmaterial (vgl. Situation *Belag bestellen*).

Mathematische Werkzeuge

vgl. die jeweiligen Teilsituationen

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- *Vgl. die jeweiligen Teilsituationen*
- Rohrumhüllung mit Kies-Sand-Schicht mindestens 10 cm.
- Notwendige Grabenbreite bei nur einem Rohr: Rohrbreite plus 30 cm auf jeder Seite
- Auflockerungsfaktoren für verschiedene Füllmaterialien; meist + 20%
- Belag wird 5 bis 10 cm breiter angebracht, als der darunter liegende Graben breit ist.

Fertigkeiten

vgl. die jeweiligen Teilsituationen

Werkzeuge (externe Ressourcen)

vgl. die jeweiligen Teilsituationen

Stolpersteine

- *vgl. die jeweiligen Teilsituationen*
- Fehlende Angaben im Plan (Querschnitt des Grabens), die erschlossen werden müssen bzw. aus Vorgaben etwa zur minimalen Rohrumhüllung abgeleitet werden müssen.

Erwünschte Genauigkeit

vgl. die jeweiligen Teilsituationen

3.7 G. Pflasterungsarbeiten

Die Situation Pflasterungsarbeiten umfasst die Teilsituationen „Beton bestellen“ und „Abstecken“.

Typische Situation

Tiago soll ein Strassenstück mit Bundsteinen von 12 cm Kantenlänge abschliessen. [Beton bestellen]. Er weiss, dass das Betonband, in dem die Steine eingesetzt werden, links und rechts je 10 cm über die Steine hinausgehen muss. Auch unter den Steinen muss 10 cm Beton verbleiben. Gibt man dann noch die halbe Höhe der Steine hinzu, erhält man genügend Beton, um die Steine sicher verankern zu können. Tiago errechnet aus diesen Angaben und der Länge des Strassenstücks die benötigte Betonmenge in m³ und stellt diese bereit. [Abstecken] Die Steigung soll 3.5% betragen, also 3.5 cm pro m Strasse. Tiago errechnet, wie gross der Höhenunterschied auf die ganze Länge sein muss. Er positioniert das Nivellier beim tiefsten Punkt justiert es grob mit der Wasserwaage, worauf das Gerät die Feineinstellung selbst vornimmt. Zusammen mit Paolo legt er dann den höchsten Punkt fest und spannt eine Schnur, an der die Bundsteine ausgerichtet werden können.

Mathematische Werkzeuge

vgl. die beiden Teilsituationen

Kenntnisse (Konzepte und Fakten)

- Breite des Betonbandes: Breite der Steine plus 2 mal 10 cm
- "Höhe" des Betonbandes für die Volumenberechnung: 10 cm plus halbe Höhe der Steine
- *vgl. die beiden Teilsituation*

Fertigkeiten

vgl. die beiden Teilsituation

Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Taschenrechner
- *vgl. die beiden Teilsituation*

Stolpersteine

vgl. die beiden Teilsituation

Erwünschte Genauigkeit

Die Betonmenge ist unkritisch. Das Gefälle muss auf 1 cm genau eingehalten werden.

4 Kritisches Nachfragen

Meine Rolle bestand im ganzen Prozess darin, einerseits kritische Fragen zu stellen und andererseits den Blick auf Situationen zu lenken, in denen Mathematik weniger offensichtlich zu Tage tritt.

Selbstverständlich brachte der Bauführer seine Sicht der Situationen ein, schilderte aus seiner Sicht, was sich in den jeweiligen Situationen abspielt. Auch brachte er seine Vorstellungen der relevanten Ressourcen ein. Diese waren oft bereits ganz klar auf die Praxis auf der Baustelle bezogen. Beispielsweise schilderte er, dass es üblich ist, Beton pro Kubikmeter zu bestellen, dass also in der Situation *Beton bestellen* (siehe oben) in Volumen gedacht und gerechnet wird. Hingegen wird Strassenbelag pro Tonne bestellt. Bei *Belag bestellen* wird also mit Gewicht gerechnet, und zwar mit Gewicht pro Fläche: 1m^2 Belag wiegt pro Zentimeter Dicke 24 kg. Die 24er-Reihe bis 10 x 24 ist deshalb eine im Strassenbau relevante Ressource.

Viele der Ressourcen wie *Prozentrechnen* und *Dreisatz* waren aber recht *schulmathematisch* gedacht (*fachrechnen: Mathematische Werkzeuge*). Durch die Anlage des Kurses wurde es möglich, diese Sicht von „oben“ durch die Sicht der Personen zu ergänzen, welche die entsprechenden Situationen von „innen“ erleben.

5 Ein Kurs

Grundlage des Kurses waren die sieben oben beschriebenen Situationen.

Mit Ausnahme der ersten Situation *Abstecken* wurden im Kurs die Situationen etwa in dieser Reihenfolge angegangen. Das Vorgehen war dabei in zweifacher Hinsicht bedarfsorientiert. Einerseits wurde jede Situation so oft wieder aufgenommen, bis sich die Teilnehmenden den jeweiligen Anforderungen gewachsen fühlten. Zum zweiten war der Ausgangspunkt immer das Vorwissen der Teilnehmenden. Sie schilderten für jede Situation zuerst, wie sie mit ihrem aktuellen Wissen mit der jeweiligen Situation umgehen. Dafür standen reale Pläne etc. zur Verfügung, wie sie in der entsprechenden Firma üblich sind. Der Kurs widmete sich dann den Schwierigkeiten, welche dabei sichtbar wurden, und entsprach damit weitgehend dem Modell eines Schienenkurses (Kaiser, 2002; *fachrechnen: Schienen*).

Auf diese Art wurde – wie oben erwähnt – die Sicht des Bauführers durch die Innensicht der Bauarbeiter ergänzt. Es ergaben sich dadurch Veränderungen an verschiedenen Stellen.

Anpassung der Liste der Situationen: Wie erwähnt tauchten im Verlauf des Kurses keine gänzlich neuen Situationen auf. Nachträglich wurde aber das *Abstecken* von einer Ressource zu einer Situation befördert.

Anpassen der Situationsbeschreibungen: Zum Beispiel waren in der ursprünglichen Beschreibung der Situation *Beton mischen* keine Mengenangaben enthalten. Im Gespräch mit den Teilnehmenden zeigte sich dann aber, dass Beton selbst mischen nur für Kleinmengen bis $\frac{1}{2} \text{ m}^3$ bzw. 500 Liter sinnvoll ist. Natürlich war das dem Bauführer auch klar. Aber von sich aus erwähnte er es in der Vorbesprechung nicht und ich habe mangels Kenntnisse der realen Arbeitssituation auch nicht nachgefragt.

Anpassen der Ressourcen: Der Bauführer als Ingenieur war ursprünglich davon ausgegangen, dass die Teilnehmenden lernen sollten, die jeweils gesuchten Werte mit Hilfe des Taschenrechners exakt zu berechnen. Entsprechend ging er davon aus, dass beispielsweise für die Herstellung von 300 Liter (verdichtet) von PC 150 (Beton mit 150 kg Zement auf 1000 Liter Volumen) wie folgt gerechnet wird: Locker hat das Kies 20% mehr Volumen, es braucht also 360 Liter Kies. Bei 150 kg Zement auf 1000 Liter braucht es 45 kg Zement auf 300 Liter.

Im Laufe des Kurses zeigte sich aber immer mehr, dass Schätzungen sowie das Rechnen in „natürlichen“ Einheiten (Lastwagenladungen, volle Schubkarren, Zementsäcke etc.) wichtiger und sinnvoller sind. Die Überlegungen zum *Beton mischen* sehen dann so aus (vgl. auch die Situationsbeschreibung oben): Für 1 m^3 verdichteten Beton benötigt man 20 Schubkarren Kies, für 300 Liter also etwa 6 Schubkarren. Bei PC 150 muss man pro Schubkarre Kies etwa $\frac{1}{3}$ Sack Zement zugeben, also hier etwa zwei Sack Zement.

Auf diese Art wurden die vom Bauführer eher etwas schulmathematisch gedachten Ressourcen an verschiedenen Stellen den realen Situationen angepasst. Daneben erfolgte eine zweite Anpassung, nämlich an die tatsächlichen Fähigkeiten der Teilnehmenden. Beispielsweise zeigte sich recht schnell, dass viele Teilnehmenden selbst einfache Aufgabestellungen nur bewältigen konnten, wenn sie zuerst eine saubere

Handskizze der Gegebenheiten anfertigen. Entsprechend wurde die Liste der Ressourcen um *Handskizzen machen* ergänzt.

Am Schluss des Kurses hatte sich folgende Liste relevanter Ressourcen angesammelt (in Klammern jeweils die Situationen, denen sie in den Beschreibungen oben zugeordnet sind):

5.1 Kenntnisse

- Kreis als Ort der Punkte, die von einem bestimmten Punkt alle denselben Abstand habe (A)
- Straff gespannte Schnur als Modell einer Geraden (A)
- Komplexe Flächen lassen sich oft in Rechtecke, rechtwinklige Dreiecke und Kreis-segmente zerlegen. (E)
- Bedeutung der Angaben zum Planmassstab (1:100, 1:200, 1:500 etc.)(A,B,C,E,F,G)
- Bedeutung der Angaben zur Böschungsneigung (3:2, 3:1 etc.) (B)
- Bedeutung von Angaben zum Gefälle in Prozent (A,F,G)
- Ein Kreis von 1 m Durchmesser hat eine Fläche von 0.79 m^2 (C,E)
- Angaben zu Rohrdurchmessern beziehen sich immer auf den Innendurchmesser (C,F)
- Minimale Steigung für einen guten Wasserabfluss: 2% (bei Betonrohren 5%) (A,F,G)
- Normen (Breite eines Arbeitsgrabens (B), Dicke einer Rohrumhüllung (C,F), Breite Arbeitsfläche neben einem Rohr (F), Verbreiterung der Belagsschicht über einem neuen Graben (F))
- Breite und Höhe des Betonbandes für Verbundsteine (G)
- Dichte ($1 \text{ m}^2 \times 1 \text{ cm}$ Belag: 24kg; bei Kleinmengen + 5%) (E,F)
- Verdichtung/Auflockerung (20% ist oft ein guter Wert; Fels oder Belagsabbruch: 40%; 1 m^3 verdichteten Beton benötigt 20 Schubkarren Kies) (B,C,D,F)
- Mischverhältnisse (Bei PC 250 ein halber Sack Zement pro Schubkarre Kies (D)).
- Gefässgrößen (Lastwagen 4 Achsen: 12 m^3 , Lastwagen 2 Achsen: 6 m^3 (B,C,F), Schubkarre: 60 Liter, Zementsack: 25 kg (D))
- Typische Werte (Wandstärke von Betonrohren (C,F), Strassenbreite 6 m, Einfamilienhaus 9 m (A))
- Zeitliche Erfahrungswerte (10 Minuten Ladezeit; 40 km/h auf der Fahrt zur Depo-nie) (B,C,E,F)

5.2 Fertigkeiten

- Pläne lesen/interpretieren (A,B,C,D,E,F,G)
- Längen aus Plan herausmessen (A,G)
- Böschungen berechnen (B)
- Gefälle/Höhenunterschiede berechnen (A,G)
- Volumenberechnung (B,E,F,G)
- Flächenberechnung (Rechteck, Dreieck, Kreis) (A,B,C,E,F)
- Komplexe Flächen aus Dreiecken und Kreissegmenten zusammensetzen (E)
- Handskizzen machen (A,B,C,E,F)
- Distanzen und Kreisbögen im Gelände abtragen (A,G)
- Höhenunterschiede im Gelände messen und abtragen (A,G)

- Transport- und Zeitplanung (B,C,E,F)
- Strukturiert Arbeiten (B,C,E,F)

5.3 Werkzeuge (externe Ressourcen)

- Taschenrechner (A,B,C,E,F,G)
- Massstab (A,B,C,E,F,G)
- Messband (A,G)
- Nivellier (A,G)
- Schubkarre (als Messgefäss)(D)

6 Gemachte Erfahrungen

Im grossen Ganzen hat sich das Vorgehen bewährt.

6.1 Evaluation des Kurses

Der Kurs erstreckte sich während eines Winters über insgesamt sieben Halbtage zu ca. 3 Stunden. Die Teilnahme war freiwillig und fand in der Freizeit statt. Insgesamt haben zwölf Mitarbeitende der beteiligten Baufirma teilgenommen, darunter drei Lernende in Ausbildung. Die Deutschkenntnisse der Teilnehmenden waren sehr unterschiedlich. Sie reichten aber mit Ausnahme einer Person aus, um dem Kurs zu folgen.

Der Kurs fand in einem sehr lernförderlichen Rahmen statt. Die Teilnehmenden waren interessiert und engagiert. Wie sich beobachten liess, konnten sie ihre Routine im Umgang mit den behandelten Berechnungssituationen eindeutig verbessern. Selbst schätzten sie den Lerneffekt auf etwa einen Viertel des Weges vom Anfänger zum Experten ein. Nur bei dem Teilnehmenden mit sehr wenig Deutschkenntnissen ist unsicher, ob er überhaupt vom Kurs profitiert hat.

Der Bauführer erzählte bei einer späteren Gelegenheit, dass die Umsetzung des Gelernten in den beruflichen Alltag leider nur teilweise glückte. Die Vorarbeiter, die unter seiner Leitung standen, wies er an, den Kursteilnehmern regelmässig die Gelegenheit zu geben, das Gelernte auch zu nutzen. Und so konnten diese auch die entsprechenden Kompetenzen aufbauen. Unter anderen Vorarbeitern im Betrieb fand hingegen keine solche Förderung am Arbeitsplatz statt und entsprechend war die Wirkung des Kurses gering.

6.2 Qualität der Informationsquelle

Wie erwartet, war der Bauführer keine optimale **Informationsquelle**, um mit ihm zusammen am Schreibtisch die Berechnungssituationen zu erarbeiten. Er kannte zwar die relevanten Situationen aus seinem Arbeitsalltag sehr gut und wusste auch, wie auf der Baustelle tatsächlich gerechnet wird. Und auch seine Erwartungen an das, was die Kursteilnehmenden am Schluss können sollten, waren realistisch. Aber da er, im Gegensatz zu Lehrpersonen, vermutlich noch nie gezwungen gewesen war, dieses Wissen explizit zu machen, kamen viele relevante Details in den Vorbesprechungen nicht zur Sprache.

Zudem überlagerten sich seine Kenntnisse darüber, wie auf der Baustelle tatsächlich gerechnet wird, mit schulmathematischen Vorstellungen dazu, wie gerechnet werden sollte. In diesem Punkt unterschied er sich allerdings nicht von den meisten Lehrpersonen, so dass hier wie meistens das eigentliche Fachwissen erst „ausgegraben“ werden muss.

Dadurch, dass die Konkretisierung der Situationen aber während des ganzen Kurses weitergehen konnte und dass der Kurs bedarfsorientiert von den realen Schwierigkeiten der Teilnehmenden mit den Situationen ausging, erwies sich das nicht als grosses Hindernis. Im Prinzip genügte für die Vorbereitung des Kurses die Liste der Situationen (bzw. ihre Titel). Für den Bauführer als Kursleiter waren diese aussagekräftig genug. Am Ende des Kurses standen dann voll ausgearbeitete Situationsbeschreibungen zur Verfügung, die mit den Teilnehmenden validiert waren. Damit erwies sich die Kombination Bauführer, Kursteilnehmer und Interaktion der beiden Seiten während des Kurses als äusserst interessante Informationsquelle.

7 Erwähnte Literatur

Kaiser, H. (2002). *Wirksame Weiterbildungen gestalten: Das Schienenmodell*. Aarau: Sauerländer.

Weitere Unterlagen zum Kurs finden sich auch auf der Webseite des SVEB:
www.alice.ch