

Matthias Dellenbach
Hansruedi Kaiser
Fachrechnen vom Kopf auf die Füße gestellt
Didaktisches Grundmodell

Rohre biegen – ein Beispiel in *Acht Schritten*

0 Einleitung

Kompetenznachweis Berufsfelddidaktik



„Berufsfelddidaktik“ ist ein Ausbildungsmodul für angehende Fachkundelehrpersonen an Berufsfachschulen. Die Ausbildung erfolgt berufsbegleitend, so dass die Teilnehmenden gleich versuchen können und sollen, das Behandelte in ihrem Unterricht umzusetzen. Matthias Dellenbach hat in diesem Rahmen einen Versuch mit den Acht

*Schritten gewagt (fachrechnen: **Acht Schritte**) und sein Vorgehen als Kompetenznachweis dokumentiert.¹*

Die beschriebene Unterrichtssequenz ist relativ kurz, spielt aber die Acht Schritte in vollem Umfang durch. Speziell interessant ist, dass als „Spickzettel“ auf den jeweiligen Betrieb abgestimmte Produkte entstehen, die das Potential haben, eine aus der Sicht von Matthias Dellenbach unbefriedigende Praxis zu verändern.

Für Kältesystem-Monteur (KSM) sind mathematische Kompetenzen im Berufsalltag eher sekundär. Für den Unterhalt und die Störungsbehebung von Kälteanlagen sind vielmehr analytisches Denken und das Verständnis für zusammenhängende und dynamische Prozesse erforderlich (Ursache – Wirkung).

Eine der wenigen Situationen, in denen der Gebrauch von Mathematik sinnvoll wäre, ist die folgende: Leitungen werden in kältetechnischen Anwendungen grösstenteils in Kupfer ausgeführt. In den kleineren Dimensionen bis 3/4“ können die Rohre von Hand mit dem Rohrbiegewerkzeug gebogen werden. Grössere Dimensionen werden mittels Fittings miteinander verbunden.



Abbildung 1 - Rohrbiegeapparat im Einsatz

In der Praxis findet man in diesem Zusammenhang oft irreführende Vorstellungen. Die Frage, ob 4m Stangenrohr zu einem Quadrat von je 1m Seitenlänge gebogen werden kann, beantworten viele Lernende mit Nein: Die Bögen bräuchten ja auch noch Rohr, daher fehle dann am Schluss ein Stück. Und so wird auf der Baustelle oft mehr Kupferrohr abgeschnitten, als nötig wäre. Die Verschnitte landen im Recycling, wirken sich jedoch nicht oder nur marginal auf die Kosten aus.

¹ Kursive Textstellen sind Kommentare von Hansruedi Kaiser. Textteile in Normalschrift stammen aus der Arbeit von Matthias Dellenbach. Sie sind teilweise der besseren Lesbarkeit halber etwas überarbeitet.

Der Bildungsplan der Kältesystem-Monteur*innen geht ausführlich auf diese Thematik ein (siehe Tabelle 1). Im Folgenden soll daraus die korrekte Berechnung der benötigten Rohrlänge behandelt werden. Ziel ist es, das Verhalten im beruflichen Alltag zu professionalisieren; konkret:

- Die Lernenden können die korrekte Rohrlänge eines Kupfergebildes berechnen.
- Die Lernenden entwickeln für Dimensionen bis 3/4“ eine Tabelle für den Einfluss des Biegens auf Rohrlängen.
- Die Lernenden können den Einfluss des Biegens auf die Rohrlänge begründen.

Tabelle 1: Leistungsziel aus dem Bildungsplan der Kältesystem-Monteur*innen

| 1.3.1 Rohrleitungs montage für Kältesysteme | |
|--|---|
| Leistungsziele Berufsfachschule | Leistungsziele Betrieb |
| <p>Kältesystem-Monteur*innen beschreiben die Anforderungen an den Rohrleitungsbau für Kältesysteme mit Blick auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - physikalische Gesetzmässigkeiten - Montage - Normen - Schutz gegen Beschädigungen Dritter (K2) <p>Sie führen in den folgenden Aufgabenstellungen berufsspezifische Berechnungen durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometrie - Masse - Leitungsdimensionierung - Längenausdehnung (K3) | <p>Ich erstelle und montiere Rohrleitungen für Kältesysteme mit den folgenden Schritten sicher und gemäss Auftrag:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Befestigungen montieren - Rohre ablängen und trennen - Rohre biegen - Enden vorbereiten für die diversen Verbindungstechniken - Rohre und Rohrsysteme montieren - Schutzgas einsetzen - Rohre verbinden - Rohre dämmen <p>Dabei setze ich die geeigneten Arbeitstechniken, Werkzeuge, Geräte und Maschinen fachgerecht und energieeffizient ein. (K3)</p> |

1 Warten, bis die Lernenden mit der Situation schon Erfahrungen gemacht haben

Die Lernenden werden in den meisten Betrieben sehr früh mit dem Biegen von Rohren konfrontiert, spätestens in der ersten beiden ÜK's im ersten Lehrjahr.

Ich behandle dieses Thema im zweiten Lehrjahr, ein halbes Jahr vor der individuellen Zwischenprüfung. Ein Bewertungspunkt ist die Länge der Verschnitte, welche sich aus ökologischen und ökonomischen Gründen auf ein Minimum beschränken sollten. (Aus meiner Lehrzeit weiss ich, dass ich zum Teil die Verschnitte in meiner Doppelmetertasche in der Seitentasche meiner Hosen verschwinden liess. Diese Wild-West Methode ist aber sehr heikel – und völlig unnötig, wenn man sich bezüglich der Längenberechnung sicher ist).

Die Situation ist in diesem Fall den Lernenden in doppeltem Sinn vertraut. Einerseits kennen sie sie aus dem Betrieb. Und andererseits wissen sie, dass sie in Kürze an einer praktischen Prüfung genau mit dieser Situation konfrontiert werden.

2 Die Lernenden schildern ihre Erfahrungen

Bei den Schilderungen können die Lernenden aus dem Vollen schöpfen, da die Bearbeitung von Kupferrohren während einer Montage die unbestrittene Kernkompetenz darstellt.



Abbildung 2 - Kältemonteur bei der Arbeit

Ich erfahre in diesen Erzählungen oft haarsträubende Techniken. Das fehlende Wissen spiegelt sich deutlich wieder. Besonders erschreckend ist dies, da im zweiten Lehrjahr noch praktisch keine Lernenden völlig selbstständig arbeiten, sondern unter Aufsicht einer Fachkraft sind. Offenbar werden dabei ihre Fehlannahmen von diesen nicht korrigiert.

Hier wird nochmals deutlich, dass Matthias Dellenbach seine Aufgabe nicht nur darin sieht, die Lernenden beim Bewältigen einer bestimmten beruflichen Handlungssituation zu unterstützen, so wie sie normalerweise im Alltag angegangen wird. Sein Ziel ist es, die Qualität dieser Praxis zu erhöhen.

Wie man in der Lektionenplanung im Anhang sehen kann. Wurde für diesen Schritt relativ viel Zeit (30 Minuten) eingesetzt. Das macht durchaus Sinn, denn je präsenter die entsprechende Situation aus der beruflichen Praxis im Schulzimmer ist, umso weniger besteht die Gefahr, dass Lehrperson und Lernende aneinander vorbeireden.

3 Die Lernenden lösen eine mittelschwere Aufgabe

Im Unterricht präsentiere ich eine Zeichnung eines Rohrgebildes mit einigen Bögen, welche 45° - 180° betragen. Das Rohrgebilde ist vorerst zweidimensional, um unnötige Verwirrung zu vermeiden. In freien Gruppen von 3 Personen sind die Lernenden beauftragt, die korrekte Rohrlänge ohne irgendwelche Reserve zu bestimmen. Ziel ist, dass sich die beiden Rohrenden nach dem Biegen exakt berühren.

Auf der Massskizze sind angegeben:

- Die Vermassung ab der neutralen Faser (immer Mitte Rohr, wie in der Praxis üblich).
- Die Rohrdimension

- Sowie (als Tipp) den Radius des Biegeapparates, in der Regel in Form eines technischen Datenblattes eines Biegegerätes

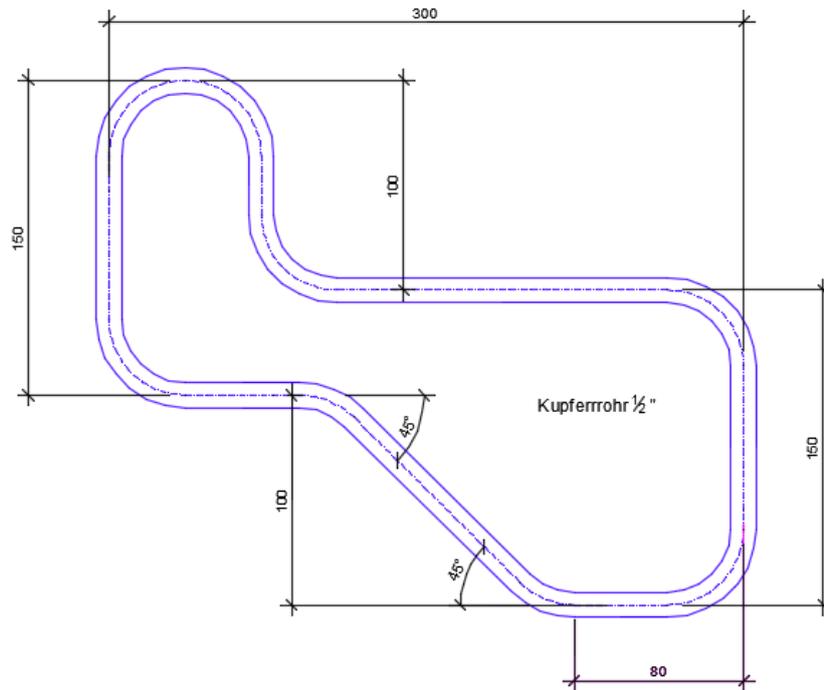


Abbildung 3: Massskizze für die Aufgabe in Schritt 3

4 Gemeinsam die Lösungen der Lernenden kritisch besprechen

In diesem Schritt erstelle ich eine Rangliste, in welcher die verschiedenen Resultate aufgelistet sind. In der Diskussion werden die Abweichungen analysiert und die richtigen Resultate hervorgehoben. Je nach Klasse lagen die Lösungen +/- 20% um den effektiven Wert.

Da die Aufgabe in diesem Fall eine eindeutige Lösung hat, kann man natürlich eine Rangliste danach erstellen, wie nahe die einzelnen Gruppen dieser Lösung kommen. Ich würde solche Wettbewerbselemente nur sehr zurückhaltend einsetzen. Denn schliesslich wird im Schritt 3 den Lernenden absichtlich eine Aufgabe gestellt, die sie vermutlich nicht vollständig lösen können. Wichtiger als ein Wettkampf um die beste Lösung ist deshalb, dass die einzelnen Gruppen kreativ nach möglichen Lösungen suchen und die Schwierigkeiten ausloten, auf die sie bei der Bewältigung der Situation stossen. Nicht die Qualität der Lösungen, sondern die Qualität der Fragen, welche sich aus den Lösungsversuchen ergeben, ist zentral für den weiteren Ablauf des Unterrichts.

5 Das Werkzeug an realistischem Beispiel modellhaft demonstrieren

Hier erfolgt mein Input in Form eines Lehrervortrages und anhand des gleichen Beispiels wie in der Gruppe. Wichtige Unterrichtsmaterialien sind hierbei sicher ein Biegeapparat und das Rohrgebilde, welches auf der Skizze abgebildet war. Ein Fokus wird auf der Erklärung der neutralen Faser liegen, welche ich zum Beispiel farbig hervorheben könnte.

Mein Fokus liegt auf den Bögen. Eine bildliche Darstellung der Situation wird die Lernenden davon überzeugen, dass der 90° Bogen nicht etwas mehr Rohr braucht, sondern gegenüber dem 90° Winkel eine Abkürzung darstellt.

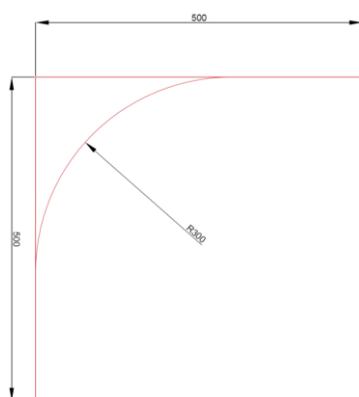


Abbildung 4 - Visualisierung des Rohrgebildes

Ich versuche im Unterricht häufig, das zementierte Lehrer-Schüler-Gebilde sanft aufzubrechen. Ein bewährtes Mittel ist hierzu die „Tischrunde“ im hinteren Teil des Schulzimmers. Dies klappt selbst bei Klassen von 20 Lernenden, zum Teil sitzen diese dann in einer Doppelreihe.

Die Atmosphäre, die Hierarchie ändert sich in diesem Setting spürbar. Inputs fallen schneller, es bietet einen optimaleren Raum für Gespräche und Spontanität.

Das folgende Bild zeigt eine solche Tischrunde. Dort wird der Schritt 5 thematisiert, allerdings nicht nur mit einem Rohrgebilde, sondern aufgrund der unterschiedlichen Resultate der Rohrlängen mit einem Beispiel aus dem Alltag. Die Lernenden sollten auf einem Grundriss den schnellsten Weg zu Burger King finden und feststellen, dass z.B. ein Viertelbogen eine Abkürzung gegenüber einem Winkel darstellt. Der Glaube, dass Bögen zusätzliches Rohrmaterial benötigen, sollte hier ein für alle Mal ausgetrieben werden!



Abbildung 5: Finde den schnellsten Weg zum Burger King!

Als Mittel diente dazu ein angefertigter Grundriss auf einem Flipchart und 2 Duplo-Töggeli, welche sich permanent im Materialschrank befinden.



Abbildung 6: Matthias löst die Aufgabe laut denkend

Das gewählte Vorgehen illustriert schön, wie im Schritt 5 das Modellieren eines professionellen Vorgehens – hier anhand desselben Gebildes, wie es der Aufgabe in Schritt 3 zu Grunde lag – je nachdem durch mehr oder weniger Hintergrundwissen unterlegt

werden muss, damit für die Lernenden nachvollziehbar wird, warum die Lehrperson als Profi genau dieses Vorgehen wählt. Hier übernimmt die anschauliche Analogie mit dem Weg zum Burger King diese Rolle.

Je nach Umfang des benötigten Hintergrundwissens und des dazu bei den Lernenden vorhandenen oder fehlenden Vorwissens, können solche Einschübe unterschiedlich gross sein und gegebenenfalls auch einmal mehrere Lektionen umfassen. Wichtig ist dabei aber, dass diese Einschübe sich nicht verselbstständigen, sondern dass der Weg zurück zum modellhaften Vorgehen wieder gefunden wird.

6 Die Lernenden üben mit selbst erfundenen Beispielen

Die Lernenden sind nun angehalten, selber Beispiele zu kreieren. Wichtig für diesen Punkt ist die Kenntnis der Biegeradien der jeweiligen Rohrdimensionen. Jeder Lernende soll 2 Übungen erstellen.



Abbildung 7: Gruppe beim Ausrechnen von Rohrlängen

7 Die Lernenden erarbeiten einen Spickzettel

Im Verfassen des Spickzettels sollen die Lernenden grundsätzlich frei sein, allerdings braucht es hier noch eine Vorarbeit. Die Lernenden müssen als Hausaufgabe die Biegeradien Ihrer im Betrieb verwendeten Biegeapparate ausmessen und notieren. Diese sind je nach Fabrikat nicht exakt gleich. Den Spickzettel gibt dann Auskunft, wie viel Kupferrohr pro Bogen eingespart wird und dementsprechend der Gesamtlänge abgezogen werden kann.



Abbildung 8: Beispiel eines Biegeapparats mit Rohr

Der Spickzettel kann dann auch laminiert und in der Werkzeugtasche mitgeführt werden. Die Lernenden haben so einen direkten Nutzen bei der praktischen Arbeit und das erhöht die Bedeutsamkeit des Unterrichtsgegenstandes.

| Rohrbiegetabelle | | | | | | |
|---------------------|------------|---------------------|-----------------------|-----|------|------|
| Name Monteur: | | | | | | |
| Dimension | Nr. Bieger | Radius Bieger mm | Abzug pro Bogen in mm | | | |
| | | | 45° | 90° | 135° | 180° |
| 1/4" | | 18 | 4 | 8 | 12 | 15 |
| 3/8" | | 30 | 6 | 13 | 19 | 26 |
| 1/2" | | 36 | 8 | 15 | 23 | 31 |
| 5/8" | | 58 | 12 | 25 | 37 | 50 |
| 3/4" | | 66 | 14 | 28 | 42 | 57 |

Ob sie wirklich nützliche Spickzettel erarbeitet haben, merken die Lernenden erst, wenn sie diese im Betrieb wirklich einsetzen. Interessant ist, dass hier versucht wird, zumindest in einem Punkt gezielt die Nützlichkeit der Spickzettel zu erhöhen, indem die Lernenden den Auftrag erhalten, ihre jeweilige Variante auf die Gegebenheiten im Betrieb, auf die dort vorhandenen und genutzten Biegeapparate anzupassen.

Die Spickzettel werden so konsequent als handliche Werkzeuge für den Einsatz im Betrieb ausgestaltet. Sie enthalten nicht eine Formel oder Rechenanweisung, mit deren Hilfe dann jedes Mal die entsprechende Berechnung neu durchgeführt wird, sondern diese sich immer wieder wiederholenden Berechnungen werden einmal durchgeführt und die Resultate in einer im Alltag nutzbaren Form tabellarisch festgehalten.

8 Gemeinsam die Anwendung im Betrieb diskutieren

Die Lernenden erhalten den Auftrag, bei der nächsten konkreten Anwendung im Betrieb das Vorgehen mit anderen Lernenden, eventuell Fachkräften zu thematisieren. Wie machen es die anderen? Eventuell gibt es im Betrieb andere solche Spickzettel, die verglichen werden können.

9 Zusammenfassung

Die Lektion wurde gemäss Planung durchgeführt, der Zeitplan und das Programm konnten optimal eingehalten werden. Die Einzige Änderung war spontaner Art und war die Folge der höchst unterschiedlichen Resultate der Rohrlängen aus der Gruppenarbeit.

Das Engagement nahm ich als eher Überdurchschnittlich war. Der Grund dafür könnte der sehr nahe Praxisbezug sein, mehrere Lernende gaben auch entsprechende Feedbacks.

Grundsätzlich kann die Unterrichtssequenz auch künftig so eingesetzt werden. Die individuellen angefertigten Rohrbiegetabellen im Anschluss an den Unterricht fanden Zuspruch und werden zum Teil von den Lernenden verwendet, sogar Lernende in den anderen Lehrjahren haben davon Wind bekommen.

Ich schätze diese Sequenz als äusserst handlungsorientiert ein. Dies entspricht meiner Philosophie. In diesem Sinne würde ich die Sequenz wohl noch ausbauen. Eher nicht am gleichen Schultag, sondern gestaffelt an 2 Schultagen. Mit der fertigen Tabelle könnte im Unterrichtszimmer ohne weiteres ein simples Gebilde mit kleiner Kupferrohrdimension gebogen werden. Falls dies 2-Dimensional geschieht, kann das Gebilde sogar auf einen vorher ausgedruckten Rohrleitungsplan abgelegt und verglichen werden. In diesem Zusammenhang würde dann ein weiteres, schwer bis unmöglich zu berechnendes Phänomen auftreten: Die Streckung des Kupferrohrs durch den Biegevorgang!

Der Nutzen für die Lernenden wäre erneut höher, der Transfer durch die praktische Anwendung noch vereinfacht. Der technische und materielle Aufwand wäre äusserst bescheiden, der zeitliche Aufwand auch.

Ob das Biegen dann vom Lehrer oder von den Lernenden ausgeführt wird, lasse ich offen. Im Idealfall wäre es ein Lernender. Aber die Wirkung, wenn ein Lehrer im Hemd und Sandalen Werkzeug in die Hände nimmt und selber biegt, darf nicht unterschätzt werden und unterstreicht seine Fachkompetenz.

Es handelt sich hier um eine Umsetzung, welche sehr nahe am Grundmodell der Acht Schritte bleibt. Besonders interessant sind drei Punkte:

Wahl des mathematischen Werkzeugs: Auf den Spickzetteln wird nicht festgehalten, wie lange eine gebogene Röhre ist (oder wie sich diese Länge berechnen lässt), sondern um wie viele Zentimeter sich die benötigte Röhre gegenüber einer „eckigen“ Anordnung verkürzt, wenn man sie biegt. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass es im beruflichen Alltag meist relativ einfach ist, die „eckige“ Länge aus einem Plan herauszulesen oder vor Ort zu messen. Benötigt wird daher für eine korrekte Berechnung

nicht die „runde“ Länge, sondern die Veränderung gegenüber der „eckigen“ Länge, die sich durch das Biegen ergibt.

Massgeschneiderte Spickzettel: *Konsequenterweise werden die Spickzettel genau auf diesen Gebrauch ausgerichtet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass jeder Betrieb mit unterschiedlichen Biegeapparaten arbeitet, so dass eine Anpassung der einzelnen Spickzettel an die jeweilige betriebliche Situation unumgänglich ist. So entsteht nicht einfach nur ein Gedächtnisstütze, welche den Transfer des Gelernten von der Schule in den Betrieb erleichtern kann, sondern ein eigentliches in der Praxis nutzbares Produkt.*

Kritische Reflexion gängiger beruflicher Praxis: *Auf Handlungskompetenz ausgerichtete Ausbildungsmodelle müssen manchmal mit dem Vorwurf kämpfen, dass sie einfach darauf aus sind, die Lernenden als funktionierende Mitarbeitende an die bestehende berufliche Realität anzupassen und ihnen kein Werkzeug mitgeben, diese auch kritisch zu hinterfragen. Das Beispiel illustriert schön, dass dem nicht so sein muss. Die Praxis, auf die hingearbeitet wird muss keineswegs unreflektiert spiegeln, was in Betrieben so üblich ist, sondern kann sich kritisch davon abheben. Gegenüber einer reinen Reflexion hat die Handlungskompetenzorientierung den Vorteil, dass sie die Lernenden zusätzlich befähigt, die Praxis auch tatsächlich zu verändern – so wie es hier an einem ganz konkreten Beispiel geschieht.*

10 Anhang

10.1 Lektionenplan

| Zeit | Inhalt/Tätigkeit | Schritt | Methode | Mittel |
|-------|--|---------|---------------|-------------|
| 08:15 | Begrüssung - Administratives | | Plenum | |
| 08:25 | Biegen - Die richtige Rohrlänge in 8 Schritten - Wie oft biegen Sie im Betrieb - Bisherige Erfahrungen erläutern | 2 | Gruppenarbeit | |
| 08:45 | Diskussion der bisherigen Erkenntnisse | 2 | Plenum | |
| 08:55 | Berechnung des Gebildes - Berechnung - Besprechung | 3,4 | Gruppenarbeit | Skizze Wand |
| 09:10 | Input der kürzeste Weg nach Rom | 5 | Plenum | Tisch |
| 09:20 | Eigene Beispiele kreieren - Ein Beispiel und Lösung erstellen - Ein Beispiel lösen | 6 | | |
| 09:45 | Pause | | | |
| | Spickzettel angepasst an die Situation im Betrieb anfertigen als Hausaufgabe | 7 | | |

10.2 Arbeitsblatt

Biegen

Lernziele:

- Der Lernende kann die korrekte Rohrlänge eines Kupfergebildes berechnen
- Der Lernende entwickelt eine Rohrbiegetabelle mit den Rohrlängen für Dimensionen bis $\frac{3}{4}$ ".
- Der Lernende kann den Einfluss des Biegers auf die Rohrlänge begründen.

Problemstellung

Sie müssen ein Kupferrohr im Schulzimmer verlegen. Das ganze erste Lehrjahr schaut Ihnen zu, ebenso Experten. Demonstrieren Sie den Zuschauern, wie Sie die korrekte Länge des Rohres berechnen.

Problemlösung in 8 Schritten

Aufgaben (in 2-3 er Gruppen)

Allgemeine Fragen

1. Mussten Sie bereits Kupferrohr mit dem Biegeapparat biegen? Machen Sie dies regelmässig?
2. Schildern Sie der Gruppe Ihre Erfahrungen in der Werkstatt und auf der Baustelle. Was sind Ihre Erfahrungen? Gibt es lobenswertes oder Peinlichkeiten?

Diskussion im Plenum

3. Berechnen Sie die Länge des Kupferrohres für das Gebilde im Klassenzimmer. Wie viel Rohr benötigen Sie? Berechnen Sie dies in der Gruppe.
4. Im Plenum: Besprechen der Lösungen
5. Hier folgt ein Input durch die Lehrperson
6. Kreieren Sie ein eigenes Beispiel und lösen dieses. Geben Sie die Aufgabe Ihrem Nachbarn zum Lösen. Besprechen Sie die Lösungen.
7. Hausaufgabe:
8. Anwendung in der Praxis