

# Gesamtlösungen konkretisieren, the key to innovation

Vorlesungsskript ZPE, Version 2002, 1. Semester

**Educational Material**

**Author(s):**

Meier, Markus

**Publication date:**

2002

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004324300>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

# Gesamtlösungen konkretisieren

Dieses Dokument von Prof. Dr. Markus Meier entspricht noch nicht den Richtlinien von thekey to innovation. Der Inhalt dient dem internen Gebrauch der ETH Zürich.



# 1 Gesamtlösungen konkretisieren

Die aus dem Morphologischen Kasten erzeugten Gesamtlösungen sind meist wenig konkrete Wirkprinzip-Kombinationen. Aufgrund des noch recht geringen Informationsgehalts ist eine Beurteilung der Lösungen nur mit einer erheblichen Unsicherheit möglich. Andererseits müssen aber die Lösungen sehr genau beurteilt werden, da die Entscheidung für oder gegen eine Gesamtlösung in dieser frühen Phase der Entwicklungsarbeit entscheidend den weiteren Lösungsweg festlegt. Diese Entscheidungen sind damit in hohem Masse erfolgsbestimmend, d. h. sie beeinflussen entscheidend den Produkterfolg.

Um fundiert entscheiden zu können, werden mehr und bessere Informationen über die Risiken und Chancen einer Gesamtlösung benötigt, sonst sind Vermutungen und Vorlieben Tür und Tor geöffnet. Diese vorgehensbedingten Beurteilungsunsicherheiten dürfen nicht dazu führen, die frühen Phasen insgesamt zu verwerfen. Vielmehr müssen alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, in diesem Stadium schnell entscheidungsrelevante Informationen zu erhalten.

Die entscheidungsrelevanten Eigenschaften können meist in ausreichendem Umfang vorausgedacht werden. Dieses Früherkennen von Lösungseigenschaften kann mit unterschiedlichen Methoden unterstützt werden.

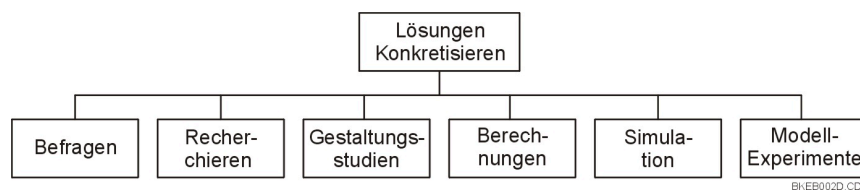


Bild (B121gekD) Methoden zur Konkretisierung von Lösungen

Dieser Vorgriff auf erst später erkennbare Lösungseigenschaften wird als Konkretisierung bezeichnet und ist ein erfolgsbestimmendes Merkmal methodischen Arbeitens im Konzeptprozess.

## 1.1 Grundlagen Gesamtlösungen konkretisieren

Werden im Konzeptprozess Gesamtlösungen entwickelt stellen sie in der Regel Wirkprinzipkombinationen auf vergleichsweise abstraktem Lösungsniveau dar. Ihr Informationsgehalt ist erheblich geringer als z. B. der von Entwürfen oder technischen Zeichnungen.

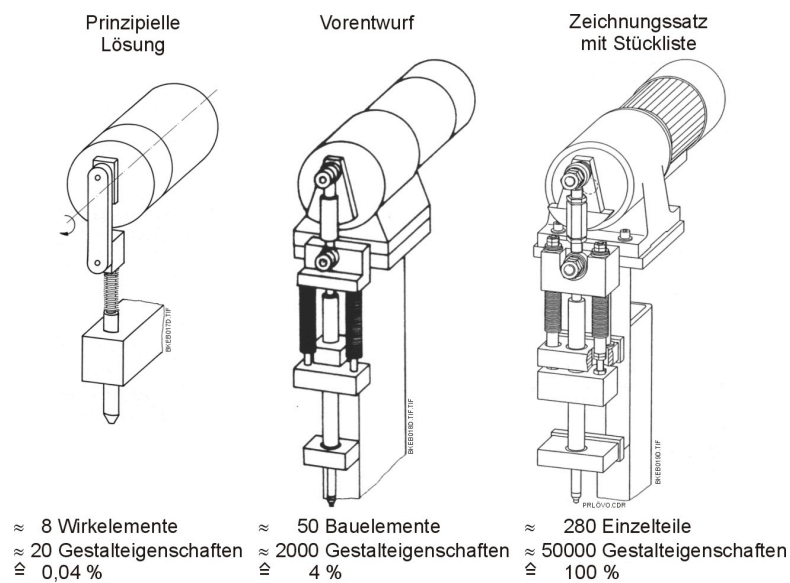


Bild (B122gekD) Unterschiedlich konkrete Produktmodelle und ihr Informationsgehalt am Beispiel eines Antriebssystems

Andererseits müssen bei der Entscheidung für oder gegen eine Gesamtlösung in dieser frühen Phase wesentliche Produkteigenschaften berücksichtigt werden. Diese Produkteigenschaften können normalerweise erst nach dem Ausarbeiten der Lösungen und ggf. ersten Prototypversuchen mehr oder weniger genau angegeben werden. Dies ist aber meist für mehrere Lösungsvarianten insbesondere in der verfügbaren Zeit nicht möglich. Daher wird versucht, auf anderen Wegen gezielt Informationen über die Lösungen zu erhalten, mit denen die wesentlichen Eigenschaften der Lösungen mit begrenzter Genauigkeit abgeschätzt werden können. Dabei kann man sich mehr oder weniger auf die entscheidungsrelevanten Eigenschaften beschränken.

*Konkretisieren ist ein Vorgehen in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses, entscheidungsrelevante Lösungseigenschaften gezielt*

*durch den Vorgriff auf spätere Entwicklungsprozesse zu ermitteln und die Gesamtlösungen insgesamt auf einen annähernd gleichen, für die Beurteilung ausreichenden Informationsstand zu bringen.*

Ziel der Konkretisierung ist es, die Ermittlung weiterer Lösungseigenschaften der Gesamtlösungen soweit zu treiben, bis sie beurteilungsfähig sind. Bei mehreren Varianten sollte ein vergleichbares Konkretisierungsniveau angestrebt werden um eine „gerechte“ Beurteilung durchführen zu können. Wird z. B. eine Prinzipielle Lösung mit einem maßstäblichen Entwurf verglichen besteht die Tendenz, den Entwurf wegen der vielen offensichtlichen Details zu kritisieren und die Prinzipielle Lösung „schönzureden“.

Zur Informationsbeschaffung wird versucht, möglichst alle verfügbaren Quellen auszuschöpfen. Beim Befragen und Recherchieren wird das Wissen von anderen genutzt. Mit Gestaltungsstudien, Berechnungen, Simulationen und Experimenten an Modellen konkretisiert der Entwickler selbst die Lösung und erarbeitet so neue und für die nachfolgende Beurteilung wichtige Produkteigenschaften.

## 1.2 Methoden zur Konkretisierung in den frühen Phasen

Nachfolgend werden unterschiedliche Methoden zur Konkretisierung von Lösungen vorgestellt. In jedem Fall sind dabei der zu erreichende Nutzen, der erforderliche Aufwand und die spezifischen Randbedingungen der konkreten Entwicklungssituation (verfügbare Zeit, Ressourcen, Risiko) abzuschätzen und erst danach die Entscheidung für eine Methode zu treffen.

### 1.2.1 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln anhand eigener Erfahrungen“

Erfahrung ist erworbenes Wissen, das abrufbar vorliegt, strukturiert genutzt und auf eine neue Aufgabe schlussfolgernd angepasst werden kann.

Wenn Entwickler Gesamtlösungen aus eigener Erfahrung beurteilen, nutzen sie Erkenntnisse aus vergangenen Entwicklungsaufgaben und ziehen daraus Schlüsse auf die späteren Eigenschaften der neuen Gesamtlösung.

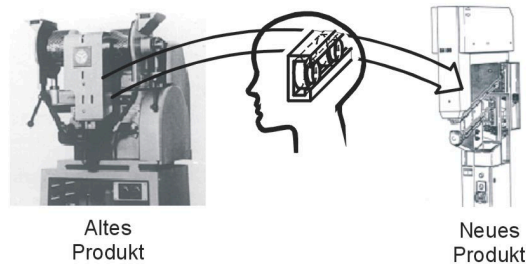


Bild (B123gekD) Erfahrung aus alten Aufgaben nutzen für neue Aufgaben

Hilfreich ist es dabei, die Aufgabenstellung zu hinterfragen:

- Gab es in der Vergangenheit gleiche oder vergleichbare Aufgaben?
- Wie wurde die Aufgabe damals gelöst?
- Habe ich darüber eigene Aufzeichnungen? Wenn ja, wo sind sie dokumentiert?
- Waren die damaligen Randbedingungen vergleichbar?
- Kann ich die Resultate übertragen?

Das gezielte Suchen nach entscheidungsrelevanten Lösungseigenschaften kann insbesondere bei schwierigen Aufgaben durch eine Schwachstellenanalyse unterstützt werden. Dazu ist es hilfreich, systematisch vorzugehen, die funktionalen Zusammenhänge zu analysieren, die Wirkprinzipien zu betrachten, ihre Wechselwirkungen untereinander und mit der Produktumgebung vorausdenken und mögliche Realisierungen (Eigenfertigung, Zulieferkomponenten) zu überdenken.

### 1.2.2 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln durch Befragen“

Die mit Abstand wichtigste Informationsquelle in der Produktentwicklung sind Kollegen.

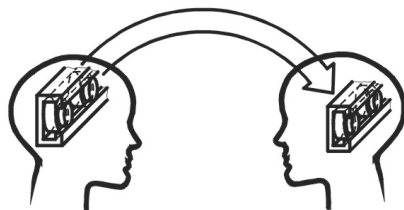


Bild (B124gekD) Erfahrung von anderen nutzen

Etwa 70 % der handlungsrelevanten Information [Frankenberger 1997 (1)] wird über diesen Informationsweg gewonnen.

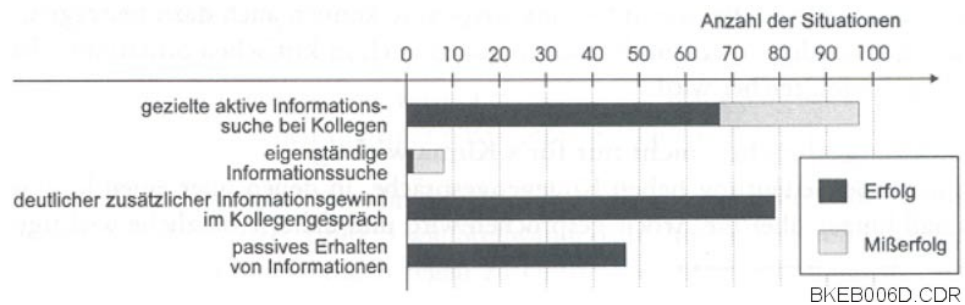


Bild (B125gekD) Häufigkeit und Erfolg verschiedener Aktivitäten zur Informationsgewinnung in der Produktentwicklung [Frankenberger 1997 (1)]

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Konsultationen ist das „soziale Wissen“ des Fragenden hinsichtlich der Erfahrung der Kollegen und deren Bereitschaft zur Kommunikation. Für die Früherkennung von Produkteigenschaften sollten Konsultationen möglichst intensiv genutzt werden, da sie meist wenig Aufwand erfordern und eine besonders hohe Erfolgsquote aufweisen.

Befragungen können sich in einem weiten Spektrum abspielen, z. B.

- diskutieren mit Kollegen über Lösungsaspekte anhand Skizzen, Zeichnungen oder Modellen
- informelle Konstruktionskritik durch Diskussion in Entwicklergruppen
- Konstruktionsberatung durch Mitarbeiter anderer Abteilungen z. B. der Arbeitsvorbereitung
- institutionalisierten Designreviews vorzugsweise am Ende einer Entwicklungsphase (Aufgaben-, Konzept-, Entwurfsreview)
- organisierten Workshops mit interdisziplinären Teilnehmern, teilweise unter Einbindung von Kunden
- Als Informanten stehen zur Verfügung:
  - Produktentwickler im eigenen Bereich (Kollegen, Vorgesetzte)
  - Mitarbeiter aus anderen Bereichen (z. B. Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Montage, Verkauf und Service)
  - Betroffene und Fachleute außerhalb des eigenen Unternehmens (z. B. Kunden, Zulieferer, Berater, Forscher)



### 1.2.3 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln durch Recherchieren“

Außer den eigenen Dokumentationen existiert eine sehr große Menge an formalen Informationsspeichern innerhalb und außerhalb des Unternehmens, meist in elektronischer Form.

*Recherchieren ist ein Prozess zur Gewinnung von Informationen, die in Dokumenten abgelegt und auf die ohne oder mit Rechnereinsatz zugegriffen werden kann.*

Recherchen sollen dokumentierte Erfahrung für die Konkretisierung von Lösungen nutzbar machen. Dabei wird auf Dokumente zugegriffen und deren Inhalt mit oder ohne Rechnereinsatz gesucht und dargestellt.



Bild (B126gekD) Informationen aus Dokumenten durch Recherchieren gewinnen

Beim Recherchieren werden

- Dokumente wie Produktdokumentationen, Fachliteratur, Erfahrungsberichte oder Schutzrechte hinsichtlich
- Technologien, Anwendungen und Einsatzbeispielen, Werkstoffen, Zulieferkomponenten, Kauf-, Wiederholteil- und Normteilen
- zunehmend mit Hilfe elektronischer Medien (Datenbank-, Intranet und Internetrecherchen)

gesucht und ihr Inhalt dargestellt, analysiert und hinsichtlich der Relevanz für die vorliegende Aufgabe bewertet.

#### 1.2.4 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln durch Anordnungs- und/oder Gestaltungsstudien“

*Anordnungs- und Gestaltungsstudien sind Methoden zur geometrischen Konkretisierung von Lösungen durch grafische Manipulationen (skizzieren, zeichnen).*

Gerade in den frühen Phasen sind Produktentwickler in hohem Masse auf grafische Repräsentationen von Lösungen angewiesen. Gute Entwickler nutzen intensiv Skizzen und grobmaßstäbliche Entwürfe als Gestaltungs- und Kommunikationsmittel. Das „Denken mit der Hand“ ist ein hervorragendes Werkzeug für die Entwicklungsarbeit.

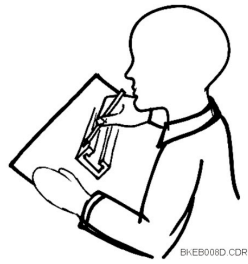


Bild (B127gekD) Informationen durch Gestalten in Skizzen und Zeichnungen gewinnen

Dabei wirken die Vorläufigkeit und Unbestimmtheit von Skizzen in hohem Maße kreativitätsfördernd. Hier haben derzeitige CAD-Systeme mit ihrem Zwang zur geometrischen Exaktheit noch deutliche Nachteile.

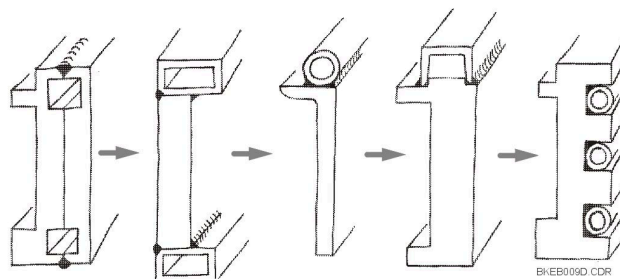


Bild (B128gekD) Gestaltungsstudien zum Konkretisieren einer wassergekühlten Traverse

Das Anfertigen von Skizzen zum Konkretisieren von Lösungen kann besonders helfen

- beim Ermitteln einer geeigneten Bauteilform im Hinblick auf Funktion, Fertigung-, Gebrauch und Design
- beim Untersuchen der räumlichen Verträglichkeit (z. B. Platzbedarf, Einbausituation, Kollisionen mit Nachbarteilen in der Montage oder im Gebrauch)

### 1.2.5 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln durch Berechnen und Simulieren“

*Berechnen ist das Festlegen von Werten von inneren oder äußeren Eigenschaften physikalischer oder sonstiger Modelle durch Anwenden mathematischer Methoden*

*Simulieren ist das Festlegen von Wertkontinua (Kennlinien, Kennfelder) von inneren oder äußeren Eigenschaften physikalischer oder sonstiger Modelle durch Anwenden mathematischer Methoden*

Berechnen und Simulieren gehören zu den wichtigsten Konkretisierungsmethoden. Sie liefern im Rahmen der zugrunde liegenden physikalischen oder sonstigen Modelle exakte Werte sowohl für innere Lösungseigenschaften (z. B. Bauteilabmessungen) als auch für äußere Lösungseigenschaften (z. B. Leistung, Durchbiegung).

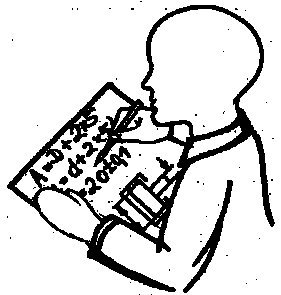


Bild (B129gekD) Informationen durch Berechnen gewinnen

Grundsätzlich benötigen Berechnungen und Simulationen Modelle, deren Eigenschaften in Beziehung stehen und die durch mathematische Methoden beschreibbar sind. Da jedes Modell eine Vernachlässigung gegenüber der Realität darstellt, sind vor dem Durchführen von Berechnungen und Simulationen die Eignung der

Modelle zu prüfen und danach die Vernachlässigungen abzuschätzen und zu werten.

Zur Konkretisierung von Gesamtlösungen sind insbesondere sogenannte orientierende Berechnungen hilfreich, z. B.

- Dimensionierungsrechnungen, z. B. zum Festlegen von Abmessungen, Bauraum, Gewicht oder Beanspruchung
- Funktionsberechnungen, z. B. zur Abschätzung bzw. Ermittlung von Taktzeiten, Leistungen, Wirkungsgraden, Geschwindigkeiten oder Durchsätzen
- Störgrößenabschätzungen, z. B. zur Ermittlung von Schwingungen, Erwärmungen, Reibungseinflüssen
- Wirtschaftlichkeits- und Rentabilitätsberechnungen, z. B. zur Abschätzung von Herstellkosten, Materialverbrauch, Amortisation, Deckungsbeitrag oder Gewinn

Prinzipielle Lösung	Taktzeitdiagramm	Zeitbedarf
<p><b>Lösung 1</b></p>		$t_1 = 0,2$ $t_2 = 0,2$ $t_3 = 0,0$ $t_4 = 0,5$ $t_v = 0,5$ $T = 1,4''$
<p><b>Lösung 2</b></p>		$t_1 = 0,2$ $t_2 = 0,2$ $t_3 = 0,3$ $t_4 = 0,5$ $t_v = 0,5$ $T = 1,2''$

Bild (B130gekD) Taktzeitabschätzung für ein Transfersystem für Heißprägeteile ( $t_1$ ,  $t_2$  Zustellzeit,  $t_3$  Zeit für Rückbewegung des Werkzeugs (WZ),  $t_4$  Zeit für Vorschub der Werkstücke,  $t_v$  Verfahrenszeit für Heißprägen)

Simulationen werden bevorzugt für Kinematiksimulationen (Simulation von Bewegungsabläufen), für Beanspruchungssimulationen (FEM,

BEM), für Animationen und zur Visualisierung (Virtual Reality-Simulationen) eingesetzt.

### 1.2.6 Methode „Lösungseigenschaften ermitteln durch Experimentieren und mit gegenständlichen Modellen“

*Experimentieren ist das Durchführen von Versuchen zur Verhaltensanalyse mit gegenständlichen Modellen*

Im Unterschied zur Simulation werden beim Experimentieren gegenständliche Modelle genutzt, um durch Versuche das Verhalten des späteren Produkts oder seiner Komponenten zu untersuchen und daraus Rückschlüsse auf die konkrete Gestaltung der Lösungen zu erhalten.



Bild (B131gekD) Experiment zur Bestimmung der Beschleunigung eines Roboterarmes

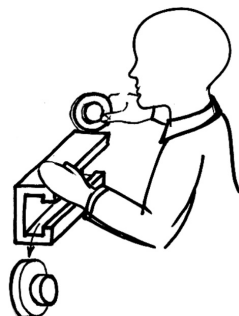


Bild (B132gekD) Informationen durch Experimentieren gewinnen

Obwohl das rechnerunterstützte Simulieren mit virtuellen Produktmodellen durch die Leistungsfähigkeit heutiger Hard- und Software sehr stark zugenommen hat, gibt es die Notwendigkeit, gegenständliche Modelle zu nutzen, um aus deren Verhalten, Handhabung und Design auf die erforderlichen Eigenschaften der Lösungen zu schließen.

Typische reale Modelle, die insbesondere in den frühen Phasen der Produktentwicklung eingesetzt werden können sind:

- Kienästhetische Modelle: Meist einfache Halbzeuge oder Bauteile zum „Erfahren“ grundlegender Verhaltenseigenschaften, z. B. Steifigkeit, Dynamik, Fall- oder Rolleigenschaften
- Versuchsmodelle: Produktnahe Modelle zur Klärung grundsätzlicher physikalischer Zusammenhänge, z. B. kinematische Modelle zur Analyse von Bewegungsabläufen oder Versuchsmodelle für Handhabungs- oder Verpackungsprozesse.

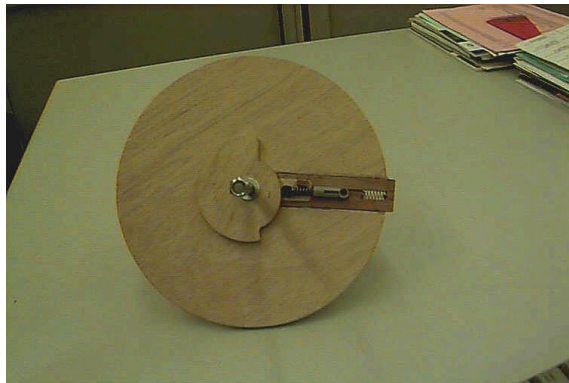


Bild (B133gekZ) Holzmodell für Einrastfunktion

- Funktionsmodelle: Oft aus Modellbaukästen gefertigte Modelle zur Untersuchung funktioneller Eigenschaften auf der Grundlage von vorgezogenen Entwurfszeichnungen

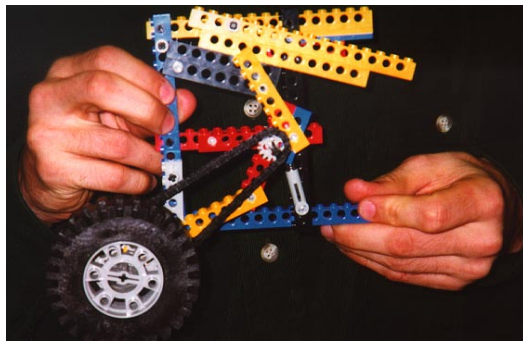


Bild (B134gekZ) kinematische Untersuchungen an Lego-Baukasten  
(Quelle: [www.lego.com](http://www.lego.com))

- Prototypen: Durch Versuche mit umgebauten „alten“ Produkten oder durch Rapid-Prototyping erzeugte Modelle werden meist sehr realitätsnahe Erkenntnisse für die neuen Produkte gewonnen



Bild (B135gekZ) Bau eines schaltbaren Rollstuhl-Prototypen auf Basis eines bestehenden Produktes

- Anschauungs- und Designmodelle: Holz-, Schaumpappe- oder Kunststoffmodelle zur Vermittlung eines realistischen Eindrucks des Produkts und zur Klärung von Designfragen



Bild (B136gekZ) Verpackungsanlage Anschauungsmodell

### Zusammenfassung

Das systematische Erarbeiten von Gesamtlösungen setzt die Formulierung von Teilfunktionen und die Zuordnung von Teillösungen voraus. Beide werden im Morphologischen Kasten dargestellt und in Beziehung gesetzt. Durch systematische Kombination der Teillösungen kann ein vollständiger Satz an Konzeptvarianten erarbeitet werden. Um die Variantenflut einzudämmen und gezielt auf die aussichtsreichen Gesamtlösungen zu kommen werden unterschiedliche Methoden, z. B. Reduktionsstrategien eingesetzt. Ergebnis sind Gesamtlösungen, deren Teillösungen untereinander verträglich sind und die nicht gegen Fest- und Bereichsforderungen verstoßen.