

Grenzflächenphänomene in Faserformationen

Ausbreitung von nichtkondensierter Feuchtigkeit in Faserdämmstoffen am Modell der Faserformation

Fachtagung Narotech; Erfurt 2003

1. Heuristische Vorbetrachtung

A. Als Erfahrungssatz der Bauphysik kann formuliert werden:

Die absolute Trockenheit eines Baustoffs ist nicht erreichbar.

Folglich ist es nur eine Frage der Temperatur bzw. des Frostes, wann die vorhandene Baufeuchte als Kondensat ausfällt; bei Wiedererwärmung ist es eine Frage geringer Zeit, wann trotz Diffusionssperre die "obere Gleichgewichtsfeuchte" des Baustoffs sich wieder einstellt, um bei erneutem Frost wieder kondensieren zu können.

B. Luftfeuchtigkeit kondensiert bevorzugt an Oberflächen, da die Bildung von Oberflächenwasser durch die geringeren Ansprüche an dessen Oberflächenspannung (gegenüber einem Tropfen) begünstigt wird. Folglich kondensiert Luftfeuchtigkeit an Oberflächen (Grenzflächen) noch vor Erreichen der Sättigungsfeuchte.

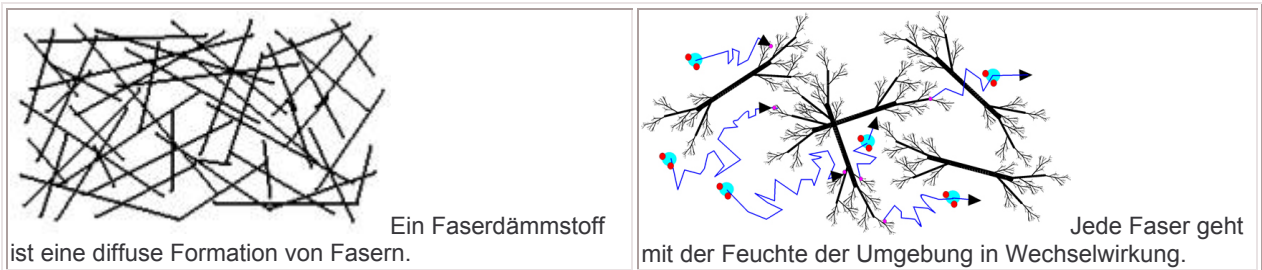
C. An der Oberflächen eines hydrophoben Stoffes kondensiert Wasser zunächst zu Oberflächenwasser. Oberflächenwasser bildet in einer Konzentration einen isolierten Tropfen, der dann abfallen kann.

D. Die Oberfläche von Baustofffasern ist o.B.d.A. deutlich kleiner als die Oberfläche eines kondensierten Wassertropfens, daher führt die Ermittlung der Faseroberfläche auf der Taupunkt-Ebene ($A \rightarrow 0$) nicht zur Beschreibung des Tauwasser-Phänomens in Faserdämmstoffen. Vielmehr wird die Oberfläche im fraktalen Ansatz durch den Begriff der Grenzfläche ($1 \leq \dim \leq 2$) ersetzt.

E. Hydrophile Stoffe bilden in ihrer unmittelbaren Umgebung ein eigenes Feuchtigkeitsgleichgewicht (Gleichgewichtsfeuchte des Stoffes zur Feuchte der unmittelbar angrenzenden Luft =

Feuchtigkeitswechselwirkung). Dieses beeinträchtigt das Kondensationsverhalten der weiteren Umgebung.

F. Faserdämmstoffe sind Medien mit Luft und sehr großen Grenzflächen im Inneren, an denen Feuchtigkeits-Wechselwirkung stattfindet.



2. Grenzflächen von Faserdämmstoffen (mathematische syntaktische Erfassung)

Gegeben sei eine Implementierung einer objektorientierten Algebren-Vererbung, die Algebren beinhalten Informationsmengen, Funktionen (aufrufbare Funktionen) und Prozeduren (Interrupt- Funktionen).

Bevor ein Faserdämmstoff eine Formulierung erhält, muss zunächst die Faser definiert werden. In [2] findet sich die Definition einer fraktalen Faser; abstrahierend ist nun:

```
#include int Temperatur
#include int aussen_Feuchte
class Faser : ...
{
// ... Def. der Faser als Kurvenmenge; der Konstruktor bedarf Ortsparameter
// ... Beschreibung von Elastizität, Schwingungsverzehr...
public int lo_Temperatur_aussen, lo_relative_Feuchte_aussen, lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme;
public int Temperatur_selbst, Feuchte_selbst;
public int obere_Gleichgewichtsfeuchte[int Temperatur][int aussen_Feuchte];
prozedur lo lo_Abfrage ()
{
// aktualisiert lo_Temperatur_aussen, lo_relative_Feuchte_aussen
};
```

```

public void lo_H2O_Austausch( )
{
// Wechselwirkung als Aufnahme oder Abgabe von H2O
Feuchte_selbst += lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme;
lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme = 0;
};
public int Kondensation (); // Rückgabewert charakterisiert Tropfenbildung
}

```

void Faser::lo_H2O_Austausch ()
wird überschrieben, je nach Faser-Außenluft-Management. Es wird nicht nur die eigene Feuchte durch Abgabe von Feuchtigkeit geändert, sondern der absolute Wert der Umgebung steigt genau um diesen Wert, was die relative Feuchte dementsprechend verändert.

Über Aufnahme von Feuchtigkeit und der damit verbundenen Verringerung der absoluten Feuchte der Außenluft entscheidet diese Überschreibung, die nicht notwendig als Interrupt-Prozedur implementiert werden muss.

Erben der class Faser überschreiben die Funktionen neu. So wird

```

int erbe : Faser::Kondensation ()
{
// hydrophoben Erben ignorieren die obere Gleichgewichtsfeuchte
// dafür wird die Oberflächenspannung des Grenzflächenwassers eingeführt
...
if(...) // Kommt es zum Antropfen von Kondensat
return (1);
else
return (0);
}

```

Speziell erbt die Hanffaser:

```

class hanffaser : public Faser, public Fraktal, public Hanf
{ ...
}

```

die Eigenschaften einer Faser, eines Fraktals und des Hanfes. Dabei werden die Funktionen und Prozeduren für hydrophile Fasern überschrieben.

3. Formationen von Fasern

Formationen beschreiben die Verwaltung (Management) von zunächst unabhängigen Objekten. Diese Verwaltung kann über eine Adressverwaltung für ein externes Management, über Nachbarschafts-Beziehungen von Selbstorganisation oder anders beschrieben werden.

In [2] besteht ein Kosmos aus Elementarbestandteilen, die jeweils über eine vom übrigen Kosmos unabhängige Eigenzeit verfügen. Durch die autonome Kommunikation der Elementarbestandteile hebt sich die Notwendigkeit der mengentheoretischen Gesamtübersicht auf (Aufhebung der übergeordneten Idee). Dieses geht zunächst in die Beschreibung der Faserobjekte ein.

Dieses rechtfertigt auch in der Formation die Autonomie der privaten Prozeduren der Referenzen von class Faser oder class hanffaser.

Wichtig bei einer Formations-Implementierung ist der inhaltliche Verbund über den Raum.

Hingegen kann eine Formationsbeschreibung von Elementarbestandteilen nur in einer Fremderfassung von Beziehungen zwischen Objekten verstanden werden.

Wesentlich wird der Charakter einer Formation durch die Art der Adressverwaltung der Elementarbestandteile definiert.

```

#define Temperatur
#define F_absolut
formation Faserdaemmung : class hanffaser
{
public chain Faserverwaltung;
public int lo_Temperatur_aussen, lo_relative_Feuchte_aussen, lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme;
// alle lo_Werte der Basisklasse hanffaser müssen auch in der formation verfügbar sein
public int absolute_Feuchte; Umrechn_rel_abs_F[Temperatur][F_absolut];
public void Diffusion ();
prozedur void Aenderung_Feuchte();
...
}

```

In [1] wurde eine solche Ketten-Implementierung vorgestellt. Die Kette formation : chain ist dabei eine eindimensionale Adressstruktur. Jedem struct Objekt wurde zusätzlich public Elemente zugeteilt: struct Objekt *first, *next, *prev , um über die Nachfolge jedes Objekt zu erreichen. Eine zunächst allgemeine Adressverwaltung wird entsprechend der zur Verfügung stehenden Werkzeuge überschrieben. Eine Formation reagiert nun als Gesamtheit von Referenzen oder Objekten auf äußere Veränderungen, indem jedes Objekt eigenreagiert. Aufgabe der Formation ist lediglich die Eigenreaktion über die Adressverwaltung zu beschreiben.

```
#include int Diffusionstensor[koor1][koor2]
#define koor1
#define koor2
void Faserdaemmung::Diffusion()
{
...
while (Faserdaemmung::Faserverwaltung[i][j][0]){ // bei einer Verwaltung als Array
class hanffaser hf& = (hanffaser) Faserverwaltung[i][j][0]*;
hf::lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme += Diffusionstensor [i][j];
}
}
```

Unter welchen Bedingungen Feuchtigkeit in der Faserdaemmung kondensiert und damit Feuchte der Dämmstoff-Raumluft dekrementiert, wird gleichfalls über die lo-Prozeduren aller Objektreferenzen der Formation entschieden.

Im Kondensationsfall wird ein Inkrement mittels lo-prozedur dem übergeordneten Management gemeldet, welches die absolute und folglich die relative Feuchte zurücksetzt.

```
void Faserdaemmung::Aenderung_Feuchte()
{
...
while (Faserdaemmung::Faserverwaltung[i][j][k])
{ // bei einer Verwaltung als Array
class hanffaser hf& = (hanffaser) Faserverwaltung[i][j][k]*;
hf::lo_H2O_Austausch ();
absolute_Feuchte += hf::lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme;
}
}
```

4. Erscheinungen der Feuchtigkeitsdiffusion

Dieses Modell muss entsprechend den physikalischen Voraussetzungen implementiert werden. Einige Bedingungen seien beispielhaft angegeben:

Implementierungsbedingung 1:

Für alle Erben von class Fasern muss folgende Bedingung beibehalten werden:

```
int a, b;
if( -20 < a < 100 && b < 100)
if((int) Faser::obere_Gleichgewichtsfeuchte [a] [b] == 0 )
return (Error);
```

Implementierungsbedingung 2:

Eine Überschreibung für Hanffaser-Dämmstoffe beinhaltet o.B.d.A.

```
int hanffaser::Kondensation ()
{
...
int Taupkt = 98 // relative Feuchte, an der Grenzflächenwasser kondensiert
int oG = (int) obere_Gleichgewichtsfeuchte [Temperatur_selbst] [Taupkt] ;
if ( (int) lo_relative_Feuchte_aussen >= Taupkt && (int) Feuchte_selbst < oG)
{
lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme = oG - (int) Feuchte_selbst ;
Feuchte_selbst = oG ;
}
if ( (int) lo_relative_Feuchte_aussen >= 100 && (int) Feuchte_selbst >= oG)
// Bildung von freier Kondensation (Tropfenbildung)
}
```

Damit kann (int) hanffaser::Feuchte_selbst nicht über (int) hanffaser::obere_Gleichgewichtsfeuchte steigen, sofern $\text{hanffaser::lo_relative_Feuchte_ausse} < 100$ also am Punkt der Oberflächen-/Grenzflächen-Kondensation, aber noch nicht am Punkt der freien Kondensation, denn die nähere Umgebung dekrementiert stetig in der Umgebung von Fasern.

Implementierungsbedingung 3:

Die Prozeduren werden in der Interrupt-Schleife aller zur Formation gehörten Objekte abgearbeitet, sodass vor dem folgenden Aufruf alle anderen Objekte aus dieser Prozedur ebenso die lo_Werte beschrieben.

Bei der Überschreibung lo_H2O_Austausch wird die Absorption von Feuchtigkeit aus der Dämmstoff-Raumluft beschreiben.

```
void hanffaser::lo_H2O_Austausch()
{
...
lo_Abfrage();
if ( Feuchte_selbst < obere_Gleichgewichtsfeuchte(lo_Temp_aussen, lo_rel_Feuchte_aussen){
Feuchte_selbst+=1
lo_Feuchte_Abgabe_Aufnahme-=1;
}
Kondensation();
}
```

Steigt die Feuchtigkeit über das Maß der Gleichgewichtsfeuchte, so erzwingt das Material die Abgabe an die Feuchte der Luft. Damit verzehrt die Hanffaser Feuchtigkeit im Dämmstoffraum und negiert diesen Verzehr an eine Weitergabe. Bei vielen fasrigen Dämmstoffen mit nicht leerem lo_H2O_Austausch() ist der Prozess hochkomplex und nicht durch Tropfenkondensation am Taupunkt erklärbar.

Die permanente Feuchtigkeitswechselwirkung jeder einzelnen Hanffaser mit der Dämmstoff-Raumluft transportiert die Feuchte ohne das Vorhandensein einer Luftkonvektion.

Literatur

- [1] A. Kortke, R. Nowotny: Syntax und Io-System zur MuSys-Bibliothek; Berlin 1992
- [2] R. Nowotny: Modell zu Geochronometrie ohne Instabilitäten; Berlin 1985
- [3] R. Nowotny: Geometrie einer diskreten Menge; Berlin 1988
- [4] R. Nowotny: Einheimische Faserpflanzen; in: Praxis der Naturwiss.; Köln 1997
- [5] R. Nowotny: Nachwachsende Baustoffe; in: Praxis der Naturwiss.; Köln 1998
- [6] R. Nowotny: Fraktale Geometrie der Hanffaser; Kassel 1999